

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

TEMA:

**ALTERNATIVAS DE DISEÑO SISMORESISTENTE PARA “EL
PROYECTO DE EDIFICACIÓN CAGUANO TORRES”**

AUTOR:

PATRICIO GABRIEL CAGUANO TORRES

TUTORA:

MARTHA MARÍA MOLINA PADRÓN

Quito, marzo del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Patricio Gabriel Caguano Torres, con documento de identificación N° 1712573185, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: Alternativas de diseño sismoresistente para “El proyecto de edificación Caguano Torres”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Caguano Torres Patricio Gabriel

Cédula: 1712573185

Fecha: Quito, marzo del 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Alternativas de diseño sismoresistente para “El proyecto de edificación Caguano Torres”, realizado por Patricio Gabriel Caguano Torres, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo 2017


.....

Nombre: Martha María Molina Padrón.

Cédula: 1757050909

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE IMÁGENES, SONIDO,
PATENTES, O INFORMACIÓN EMPRESARIAL**

Yo Patricio Gabriel Caguano Torres, con documento de identificación 1712573185, autorizo el uso de imágenes, sonido, patentes o información empresarial utilizados en este trabajo de titulación con el tema: “Alternativas de diseño sismoresistente para “El proyecto de edificación Caguano Torres”.



Nombre: Caguano Torres Patricio Gabriel

Cédula: 1712573185

Fecha: Quito, marzo del 2017

DEDICATORIA

A Dios por brindarme paciencia, fuerza y salud cada día, permitiéndome avanzar con paso firme en mis metas e ideales.

A mis padres Iván y Grecia, que con infinito esmero y esfuerzo me brindaron el amor y apoyo que necesite durante toda mi vida, siendo ellos el cimiento para mantener mis sueños, los pilares que sostienen mis anhelos y el motor que me empuja a seguir adelante.

A mi hermana Evelyn, quien siempre está en mis pensamientos y en mi corazón, dándome la guía, la fuerza, y el amor que solo un corazón puro me pudo dar.

A mis familiares que confiaron en mí, en mi capacidad, y en mi esfuerzo durante toda mi vida académica.

A cada uno de mis amigos, con quien compartí alegrías y tristezas durante mi estadía colegial y universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por la formación académica impartida no solo en el ámbito profesional y personal, sino también en el ámbito ético y espiritual.

Agradezco a la Carrera de Ingeniería Civil, autoridades y docentes, por guiar cada uno de los aspectos académicos de mi profesión, un especial agradecimiento al Ing. Mentor Torres y a la tutora Ing. Martha Molina por su ayuda, conocimiento y entereza durante mi tiempo de estudio y durante la realización de este trabajo técnico.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	2
GENERALIDADES DEL PROYECTO	2
1.1. Nombre del proyecto.....	2
1.2. Entidad ejecutora.....	2
1.3. Cobertura y localización.....	2
1.4. Plazo de ejecución.....	4
1.5. Monto del proyecto.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
DIAGNÓSTICO	5
2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.....	5
2.1.1. Aspectos geopolíticos y límites.....	5
2.1.2. Población.....	5
2.1.3. Uso de la edificación.....	6
2.1.4. Vialidad y accesos.....	6
2.1.5. Aspecto socioeconómico.....	7
2.1.6. Usos de suelo.....	8
2.1.7. Tipos de suelo.....	10
2.1.8. Ambiente.....	11
CAPÍTULO 3.....	12
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	12
3.1. Objetivo general y objetivos específicos.....	12
3.1.1. Objetivo general.....	12
3.1.2. Objetivos específicos.....	12
CAPÍTULO 4.....	13
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE	13

4.1. Estudio topográfico.	13
4.2. Estudio geológico y geotécnico.	14
4.2.1. Estratigrafía.	14
4.2.2. Tectónica.	15
4.2.3. Riesgo sísmico.	15
4.2.4. Riesgo volcánico.	16
4.2.5. Procesos geodinámicos.	17
4.2.6. Información geotécnica.	17
4.3. Estudio arquitectónico.	18
4.4. Normas, ordenanzas y códigos.	21
CAPÍTULO 5	22
PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS PRIMERA ALTERNATIVA	22
5.1. Generalidades de la estructura.	22
5.2. Diseño estructural primera alternativa (Hormigón Armado).	25
5.2.1. Criterios generales de diseño.	26
5.2.2. Cargas.	30
5.2.2.1. Combinaciones de carga.	42
5.2.3. Diseño de secciones.	43
5.3. Elaboración de planos estructurales.	52
5.4. Análisis económico y financiero.	52
5.4.1. Presupuesto de la estructura.	52
5.4.1.1. Estimación de volúmenes de obra.	52
5.4.1.2. Análisis de precios unitarios.	53
5.4.2. Evaluación económica financiera.	53
5.4.3. Evaluación de sensibilidad.	55
5.5. Evaluación de impacto ambiental.	56

CAPÍTULO 6.....	58
PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS SEGUNDA ALTERNATIVA.....	58
6.1. Generalidades de la estructura.	58
6.2. Diseño estructural segunda alternativa (Mampostería estructural).	60
6.2.1. Criterios generales de diseño.	61
6.2.2. Cargas.....	68
6.2.2.1. Combinaciones de carga.	77
6.2.3. Diseño de secciones.	78
6.3. Elaboración de planos estructurales.	87
6.4. Análisis económico y financiero.	87
6.4.1. Presupuesto de la estructura.	87
6.4.1.1. Estimación de volúmenes de obra.	87
6.4.1.2. Análisis de precios unitarios.	87
6.4.2. Evaluación económica financiera.	88
6.4.3. Evaluación de sensibilidad.....	89
6.5. Evaluación de impacto ambiental.	90
CAPÍTULO 7.....	91
7.1. Selección de la alternativa técnica y económicamente óptima.	91
7.2. Especificaciones técnicas de los rubros.	91
7.3. Cronograma valorado.....	91
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. <i>Coordenadas de implantación del proyecto.</i>	3
Tabla 2. <i>Población de la provincia de Pichincha.</i>	5
Tabla 3. <i>Población de la parroquia Calderón por edad y sexo.</i>	6
Tabla 4. <i>Sectores económicos de la parroquia de Calderón.</i>	7
Tabla 5. <i>Descripción de la población económica en la parroquia de Calderón.</i>	7
Tabla 6. <i>Tipo y uso de la superficie de la Administración Zonal Calderón.</i>	9
Tabla 7. <i>Resultados del ensayo de penetración estándar.</i>	17
Tabla 8. <i>Cuadro de áreas.</i>	20
Tabla 9. <i>Principales ventajas del Hormigón Armado.</i>	26
Tabla 10. <i>Límites permisibles de las derivas de los pisos. Primera alternativa.</i>	29
Tabla 11. <i>Propiedades mecánicas del hormigón y acero.</i>	30
Tabla 12. <i>Factores de reducción de resistencia. Primera alternativa.</i>	30
Tabla 13. <i>Carga viva por planta. Primera alternativa.</i>	32
Tabla 14. <i>Coeficiente de corrección.</i>	33
Tabla 15. <i>Coeficiente de entorno altura.</i>	34
Tabla 16. <i>Coeficiente de forma.</i>	34
Tabla 17. <i>Coeficientes según el tipo de estructura.</i>	35
Tabla 18. <i>Peso reactivo de la estructura. Primera alternativa.</i>	39
Tabla 19. <i>Cuadro de cargas por piso. Primera alternativa.</i>	40
Tabla 20. <i>Distribución de fuerzas sísmicas por piso. Primera alternativa.</i>	41
Tabla 21. <i>Cuadro comparativo de resultados entre cálculos de Excel 2016 y Etabs v15.2. Primera alternativa.</i>	41
Tabla 22. <i>Combinaciones de cargas. Primera alternativa.</i>	43
Tabla 23. <i>Avaluó comercial de la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.</i>	54
Tabla 24. <i>Beneficio de la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.</i>	55
Tabla 25. <i>Variación de sensibilidad de la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.</i>	56
Tabla 26. <i>Medidas de prevención para la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.</i>	57
Tabla 27. <i>Principales ventajas de la mampostería estructural.</i>	61
Tabla 28. <i>Límites permisibles de las derivas de los pisos. Segunda alternativa.</i>	66

Tabla 29. <i>Propiedades mecánicas del hormigón y acero.</i>	67
Tabla 30. <i>Factores de reducción de resistencia. Segunda alternativa.</i>	67
Tabla 31. <i>Carga viva por planta. Segunda alternativa.</i>	69
Tabla 32. <i>Coeficientes según el tipo de estructura.</i>	70
Tabla 33. <i>Peso reactivo de la estructura. Segunda alternativa.</i>	74
Tabla 34. <i>Cuadro de cargas por piso. Segunda alternativa.</i>	75
Tabla 35. <i>Distribución de fuerzas sísmicas por piso. Segunda alternativa.</i>	75
Tabla 36. <i>Cuadro comparativo de resultados entre cálculos de Excel 2016 y Etabs v15.2. Segunda alternativa.</i>	76
Tabla 37. <i>Combinaciones de cargas. Segunda alternativa.</i>	78
Tabla 38. <i>Avalúo comercial de la edificación Caguano Torres. Segunda alternativa.</i>	88
Tabla 39. <i>Beneficio de la edificación Caguano Torres. Segunda alternativa.</i>	89
Tabla 40. <i>Variación de la sensibilidad de la edificación Caguano Torres. Segunda alternativa.</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Mapa de ubicación de la parroquia Calderón.	2
Figura 2. Ubicación del sitio del proyecto.	3
Figura 3. Uso y ocupación de suelo de la parroquia de Calderón.	8
Figura 4. Ubicación geográfica de órdenes de suelos en el cantón Quito.	10
Figura 5. Estratigrafía de la parroquia Calderón.	14
Figura 6. Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z. ..	16
Figura 7. Distribución arquitectónica tipo.	19
Figura 8. Ejes arquitectónicos N – 5.33. Primera Alternativa.....	23
Figura 9. Ejes arquitectónicos N – 2.33 / N + 0.45 / N + 3.45 / N + 6.45 / N + 9.45 / N + 12.60. Primera Alternativa	24
Figura 10. Modelo estructural 3D Etabs v15.2. Primera Alternativa.	25
Figura 11. Esquema de plinto aislado.....	27
Figura 12. Esquema de viga de hormigón armado.	27
Figura 13. Esquema de columna de hormigón armado.	28
Figura 14. Losa nervada.	29
Figura 15. Factor cortante basal. Primera alternativa.....	40
Figura 16. Fuerzas sísmicas de la estructura Excel 2016. Primera alternativa.	41
Figura 17. Fuerzas sísmicas de la estructura Etabs v15.2. Primera alternativa.	42
Figura 18. Material hormigón Etabs v15.2. Primera alternativa.	44
Figura 19. Material acero de refuerzo Etabs v15.2. Primera alternativa.	45
Figura 20. Diseño Etabs v15.2 y corte transversal columna. Primera alternativa. .	46
Figura 21. Diseño Etabs v15.2 y corte transversal diafragma. Primera alternativa.	47
Figura 22. Diseño Etabs v15.2 y corte transversal viga. Primera alternativa.	48
Figura 23. Diseño Etabs v15.2 y corte transversal losa. Primera alternativa.....	49
Figura 24. Material hormigón Safe v14.1.1. Primera alternativa.	50
Figura 25. Diseño Safe v14.1.1 y planta plinto tipo. Primera alternativa.	51
Figura 26. Ejes arquitectónicos N + 0.45 / N + 3.45 / N + 6.45 / N + 9.45 / N + 12.60. Segunda Alternativa	59
Figura 27. Modelo estructural 3D Etabs v15.2. Segunda alternativa.	60
Figura 28. Esquema de losa de cimentación.	62
Figura 29. Esquema de mampostería estructural.	63

Figura 30. <i>Esquema de viga de hormigón armado.</i>	65
Figura 31. <i>Esquema de columna de hormigón armado.</i>	65
Figura 32. <i>Losa nervada.</i>	66
Figura 33. <i>Factor cortante basal. Segunda alternativa.</i>	75
Figura 34. <i>Fuerzas sísmicas de la estructura Excel 2016. Segunda alternativa.</i>	76
Figura 35. <i>Fuerzas sísmicas de la estructura Etabs v15.2. Segunda alternativa.</i>	77
Figura 36. <i>Material hormigón Etabs v15.2. Segunda alternativa.</i>	79
Figura 37. <i>Material acero de refuerzo Etabs v15.2. Segunda alternativa.</i>	80
Figura 38. <i>Diseño Etabs v15.2 y corte transversal columna. Segunda alternativa.</i> .	81
Figura 39. <i>Diseño Etabs v15.2 y corte transversal mampostería estructural. Segunda alternativa.</i>	82
Figura 40. <i>Diseño Etabs v15.2 y corte transversal viga. Segunda alternativa.</i>	83
Figura 41. <i>Diseño Etabs v15.2 y corte transversal losa. Segunda alternativa.</i>	84
Figura 42. <i>Material hormigón Safe v14.1.1. Segunda alternativa.</i>	85
Figura 43. <i>Diseño Safe v14.1.1 y corte transversal losa de cimentación tipo. Segunda alternativa.</i>	86

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. <i>Arquitectura general.</i>	99
Anexo 2. <i>Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.</i>	101
Anexo 3. <i>Irregularidades y coeficientes de configuración estructural.</i>	102
Anexo 4. <i>Diseño estructural. Primera alternativa.</i>	104
Anexo 5. <i>Diseño definitivo de columnas en el programa Etabs v15.2 y verificación de diseño. Primera alternativa.</i>	135
Anexo 6. <i>Diseño definitivo de diafragmas Etabs v15.2 y verificación de diseño. Primera alternativa.</i>	140
Anexo 7. <i>Diseño definitivo de vigas en el programa Etabs v15.2, y verificación del diseño. Primera alternativa.</i>	143
Anexo 8. <i>Verificación de nudo entre viga y columna. Primera alternativa.</i>	151
Anexo 9. <i>Diseño definitivo de losas en el programa Etabs v15.2, y verificación del diseño. Primera alternativa.</i>	153
Anexo 10. <i>Diseño de cimentación en Safe v14.1.1 y verificación de diseño. Primera alternativa.</i>	179
Anexo 11. <i>Planos estructurales. Primera alternativa.</i>	194
Anexo 12. <i>Presupuesto de la estructura. Primera alternativa.</i>	208
Anexo 13. <i>Estimación de volúmenes de obra. Primera alternativa.</i>	209
Anexo 14. <i>Análisis de precios unitarios. Primera alternativa.</i>	210
Anexo 15. <i>Evaluación económica – financiera. Primera alternativa.</i>	261
Anexo 16. <i>Análisis de sensibilidad. Primera alternativa.</i>	264
Anexo 17. <i>Evaluación de impacto ambiental. Primera alternativa.</i>	266
Anexo 18. <i>Diseño estructural. Segunda alternativa.</i>	268
Anexo 19. <i>Diseño definitivo de columnas en el programa Etabs v15.2 y verificación de diseño. Segunda alternativa.</i>	287
Anexo 20. <i>Diseño definitivo de mampostería estructural en el programa Etabs v15.2 y verificación de diseño. Segunda alternativa.</i>	290
Anexo 21. <i>Diseño definitivo de vigas en el programa Etabs v15.2 y verificación de diseño. Segunda alternativa.</i>	292
Anexo 22. <i>Verificación de nudo entre viga y columna. Segunda alternativa.</i>	299
Anexo 23. <i>Diseño definitivo de losas en el programa Etabs v15.2 y verificación de diseño. Segunda alternativa.</i>	301

Anexo 24. <i>Diseño de cimentación en el programa Safe v14.1.1 y verificación de diseño. Segunda alternativa.</i>	313
Anexo 25. <i>Planos estructurales. Segunda alternativa.</i>	316
Anexo 26. <i>Presupuesto de la estructura. Segunda alternativa.</i>	320
Anexo 27. <i>Estimación de volúmenes de obra. Segunda alternativa.</i>	321
Anexo 28. <i>Análisis de precios unitarios. Segunda alternativa.</i>	322
Anexo 29. <i>Evaluación económica financiera. Segunda alternativa.</i>	331
Anexo 30. <i>Análisis de sensibilidad. Segunda alternativa.</i>	334
Anexo 31. <i>Evaluación de impacto ambiental. Segunda alternativa.</i>	336
Anexo 32. <i>Especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada.</i>	337
Anexo 33. <i>Cronograma de tiempo y valorado del proyecto alternativa seleccionada.</i>	353

RESUMEN

El proyecto presenta la viabilidad técnica y económica de dos sistemas constructivos, el de hormigón armado y el de mampostería estructural, los que serán evaluados con parámetros y solicitaciones establecidos en Ecuador; se compara el funcionamiento y comportamiento de cada procedimiento en relevancia a los efectos sísmicos del país y su aplicación en estructuras de mediana altura, con variabilidad geométrica.

El sistema de hormigón armado con losas nervadas, está fundamentado en cálculos y parámetros establecidos por los códigos NEC 15 (capítulos de cargas no sísmicas, diseño sísmico y hormigón armado) y ACI 318S-14 (capítulos de cimentación, columnas, vigas y losas); el modelo estructural fue realizado en los programas Etabs v15.2.0 y Safev 14.1.1.

Se determinó los precios unitarios y presupuestos necesarios para la ejecución de la edificación, utilizando los precios actuales del manual de la Cámara de la industria de la Construcción CAMICON 2016.

El sistema constructivo de mampostería estructural, está fundado en cálculos y parámetros definidos en las normas ecuatorianas de la construcción NEC 15 (capítulos de cargas no sísmicas, diseño sísmico y mampostería estructural); el análisis y evaluación de la arquitectura está realizada en base a su geometría, proceso constructivo y eficiencia del sistema.

Se seleccionó la alternativa más óptima para la edificación en estudio, siendo el sistema de hormigón armado el que mejor se adecua a las características y solicitaciones arquitectónicas; para el mismo se realizó los cronogramas y especificaciones técnicas necesarias para su ejecución. Obteniéndose conclusiones y recomendaciones durante el desarrollo del presente trabajo técnico.

Palabras Claves: diseño sismorresistente, hormigón armado, mampostería estructural.

ABSTRACT

The project presents the technical and economic feasibility of two construction systems, reinforced concrete and structural masonry, which will be evaluated with parameters and requests established in Ecuador; We compare the performance and behavior of each procedure in relevance to the seismic effects of the country and its application in structures of medium height, with geometric variability.

The reinforced concrete system with ribbed slabs is based on calculations and parameters established by the NEC 15 codes (chapters of non-seismic loads, seismic design and reinforced concrete) and ACI 318S-14 (foundation chapters, columns, beams and slabs); The structural model was performed in the programs Etabs v15.2.0 and Safev 14.1.1.

The unit prices and budgets necessary for the execution of the building were determined, using the current prices of the manual of the CAMICON Construction Industry Chamber 2016.

The construction system of structural masonry is based on calculations and parameters defined in the Ecuadorian standards of construction NEC 15 (chapters of non-seismic loads, seismic design and structural masonry); The analysis and evaluation of the architecture is made based on its geometry, constructive process and efficiency of the system.

The most optimum alternative was selected for the building under study, the reinforced concrete system being the one best suited to architectural characteristics and demands; For the same the schedules and technical specifications necessary for its execution were realized. Obtaining conclusions and recommendations during the development of this technical work.

Keywords: earthquake resistant design, reinforced concrete, structural masonry.

INTRODUCCIÓN.

El Ecuador es un país con alta presencia de sismos, es afectado por tres principales fallas geológicas, la de Nazca, la de Quito – Latacunga y la Sub andina oriental. Las mismas han ocasionado varios movimientos telúricos de importancia, provocando la pérdida de innumerables vidas humanas y económicas.

El incremento poblacional y los eventos sísmicos recurrentes en Ecuador obligan a implementar nuevos sistemas constructivos, con el fin, de proveer construcciones seguras, económicas, ejecutables en serie y en cortos plazos.

Este proyecto técnico está orientado al análisis y diseño estructural comparativo entre dos alternativas de diseño para una edificación, la primera es bajo la modalidad de hormigón armado y la segunda en mampostería estructural.

Se determinó que alternativa es técnica y económicamente viable para la edificación en estudio, la misma consta de resistencia sísmica, estabilidad y costos de construcción óptimos. El diseño y análisis de los elementos estructurales (cimentación, columnas, vigas, losas, diafragmas, mampostería estructural) cumplen con los requisitos mostrados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción actual (NEC 15) y el código ACI 318S-14.

Para el diseño y cálculo del proyecto se realizó simplicidad en la estructuración para así obtener resultados precisos y una rigidez en ambas direcciones apropiada, con el fin de controlar los desplazamientos laterales; se utilizó los programas computacionales especialistas en el análisis y diseño sísmico: Etabs Versión 15.2.0, Safe Versión 14.1.1; la obtención de los planos estructurales se realizó a través de: AutoCad 2017, Aceres 2016 y para verificación de resultados las hojas electrónicas de Microsoft Office: Excel 2016.

Adicionalmente se sugiere recomendaciones mínimas para profesionales afines, con la finalidad de alcanzar un óptimo resultado en edificaciones sometidas a efectos sísmicos.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DEL PROYECTO

En el presente capítulo se detallan aspectos básicos sobre el sitio de implantación de la edificación, necesarias para seguir un proceso lógico y detallado.

1.1. Nombre del proyecto.

Alternativas de diseño sismo resistente para la edificación Caguano Torres.

1.2. Entidad ejecutora.

El proyecto está a cargo del Sr. Caguano Torres Patricio Gabriel.

1.3. Cobertura y localización.

Mapa de la parroquia Calderón.



Figura 1. Mapa de ubicación de la parroquia Calderón.

Fuente: Abril, (Google Maps, 2016)

La edificación se encuentra en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Calderón. (Secretaria Nacional de Información, 2013)

Coordenadas del sitio del proyecto:

Tabla 1. *Coordenadas de implantación del proyecto.*

Coordenadas UTM WGS84	
786735,061	9990435,562
Coordenadas GEOGRÁFICAS	
0°05'11.2" S	78°25'26.6" O

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Mapa de ubicación del Lote.



Figura 2. *Ubicación del sitio del proyecto.*

Fuente: Abril, (Google Maps, 2016)

1.4. Plazo de ejecución.

El tiempo estimado para la elaboración del presente trabajo de titulación será de 4 meses, en los cuales se recaudará información, se realizará el diseño y análisis sísmico resistente de las alternativas propuestas para la edificación, cuantificación de volúmenes de obra y costos del proyecto.

1.5. Monto del proyecto.

El monto total para la construcción de la edificación será de \$ 580685.64 (quinientos ochenta mil seiscientos ochenta y cinco dólares americanos con 64 centavos), valor que corresponde únicamente a obra gris.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO

En este capítulo se establece un análisis del sitio de estudio, lugar donde se ubicará la edificación propuesta; se investiga aspectos necesarios de la parroquia como información política, social, económica, cultural, climática, de salud y vivienda.

2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.

2.1.1. Aspectos geopolíticos y límites.

La parroquia de Calderón se encuentra ubicada en el centro de la provincia de Pichincha, al noroeste del canto Quito, se encuentra limitada: al norte con San Antonio, al sur con Llano Chico, Zambiza y Puembo, al este con el Distrito Metropolitano de Quito y Pomasqui, al oeste con Guayllabamba y Tababela. (Secretaria Nacional de Información, 2013)

La parroquia de Calderón posee 200 barrios, y por eso es considerada como la parroquia más grande del Distrito Metropolitano de Quito. (Pichincha al día, 2013)

2.1.2. Población.

La parroquia de Calderón cuenta con una población de: 152 731 habitantes. Libro del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2010)

Tabla 2. *Población de la provincia de Pichincha.*

Población según censos Provincia de Pichincha		
1990	2001	2010
1.516.902	2.388.817	2.576.287

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Administraciones zonales y parroquiales (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

Tabla 3. *Población de la parroquia Calderón por edad y sexo.*

Población de Calderón por grupos de edad y sexo.			
Grupos de edad			
Hombres	Hombres	Mujeres	Total
Menores de 5 años	7.532	7.401	14.933
Niños de 5 a 11 años	10838	10.508	21.346
Adolescentes de 12 a 18 años	10260	9.950	20.210
Jóvenes de 19 a 35 años	23250	24.189	47.439
Adultos de 36 a 64 años	20020	21.841	41.861
Tercera edad 65 y mas años	3014	3.928	6.942
Total:	74.914	77.817	152.731

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Administraciones zonales y parroquiales (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

2.1.3. Uso de la edificación.

El desarrollo mercantil y turístico presente en la parroquia de Calderón, concibe que el sector sea económicamente estable, promoviendo el desarrollo comercial y fomentando las grandes y pequeñas industrias, así se dispone el uso de la edificación para oficinas. Situación económica y productiva del DMQ (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2013)

2.1.4. Vialidad y accesos.

La parroquia de Calderón, cuenta con un alto índice de arterias vehiculares, cabe destacar la vía Panamericana Norte y la avenida Simón Bolívar, las cuales constituyen el principal acceso al centro de Quito. Además, cuenta con la vía García Moreno que conecta a 50 barrios, como la Avenida Capitán Giovanni Calles que une a 150 barrios de la parroquia. Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2016)

Adicionalmente se contará con la nueva vía al aeropuerto Mariscal Sucre en Tababela y el intercambiador en Carapungo.

El sitio de implantación del proyecto cuenta con una vía principal de acceso y dos vías secundarias, avenida Capitán Giovanni Calles, calle Jorge Carvajal y calle Saul Quezada respectivamente; la avenida principal es asfalta y señalizada, mientras que las dos vías secundarias son adoquinadas y señalizadas.

2.1.5. Aspecto socioeconómico.

La parroquia de Calderón, cuenta con cuatro sectores económicamente estables, entre los cuales se destacan con mayor número de participantes el sector Secundario (Industrial) y Terciario (Comercios y servicios), lo que ha permitido un desarrollo económico y social favorable a la población. Subsecuentemente se dispone del sector Primario (Agrícola) y de Trabajadores nuevos, que son parte del desarrollo económico y contribuyen al avance social en la parroquia.

Tabla 4. *Sectores económicos de la parroquia de Calderón.*

Sectores económicos de la parroquia de Calderón.			
Sector	Hombres	Mujeres	Total
Primario (Agrícola)	1.096	677	1.773
Secundario (Industrial)	13.328	4.965	18.293
Terciario (Comercio y servicios)	24.323	22.441	46.764
Trabajador Nuevo	1.232	1.479	2.711
Total	39.979	29.562	69.541

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Administraciones zonales y parroquiales (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010)

Tabla 5. *Descripción de la población económica en la parroquia de Calderón.*

Descripción de la población económica en la parroquia de Calderón.			
Sector	Hombres	Mujeres	Total
Población Económicamente Activa (PEA)	57.224	46.432	103.656
Población en Edad de Trabajar (PET)	59.701	62.975	122.676

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Administraciones zonales y parroquiales (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010)

2.1.6. Usos de suelo.

Uso y ocupación de suelo de la parroquia de Calderón.

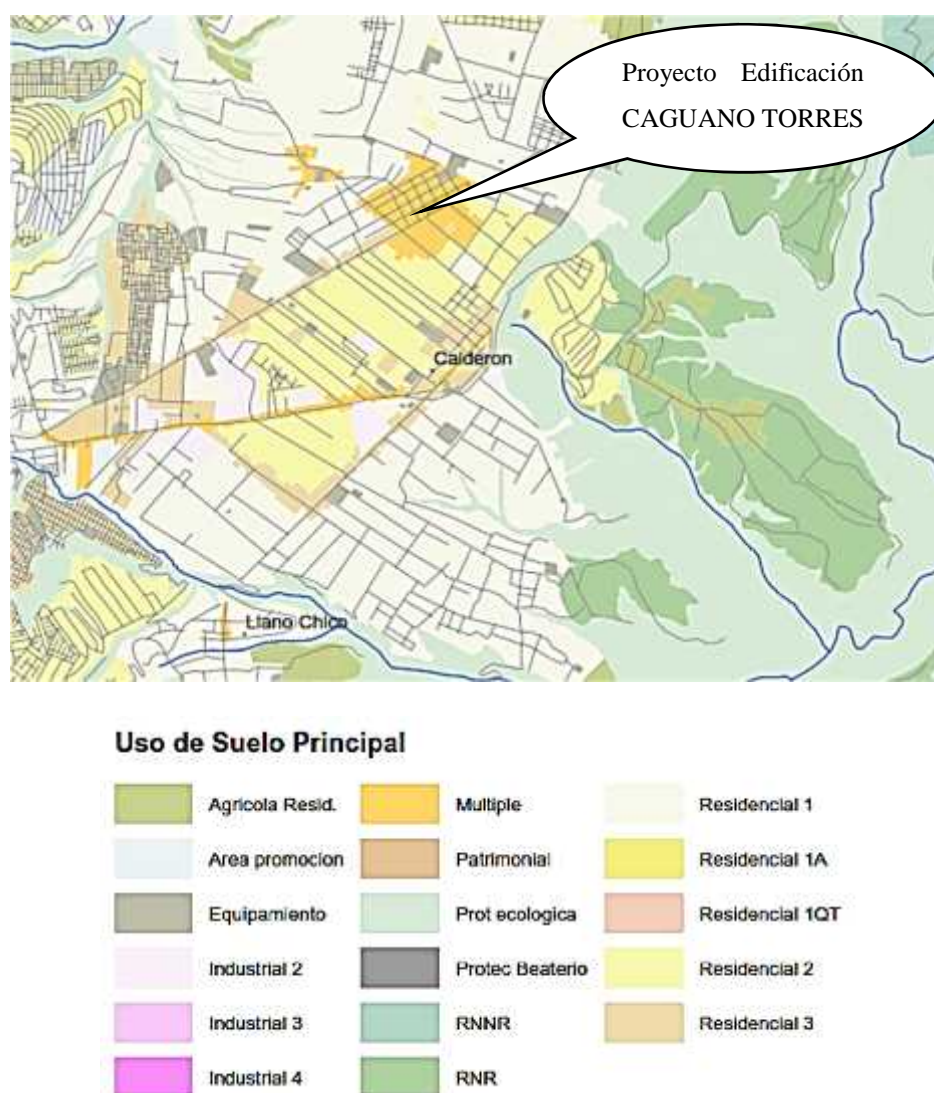


Figura 3. *Uso y ocupación de suelo de la parroquia de Calderón.*

Fuente: Usos Suelos Principal PUOS U1 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2011)

La Administración Calderón cubre un área total de 12 722.33 hectáreas; de acuerdo a la figura el uso de suelo en el sitio de implantación es de uso múltiple.

“Múltiple. - Uso asignado a predios en los que pueden coexistir residencia, comercio, industrias de bajo y mediano impacto, así como equipamientos y servicios compatibles según el PUOS”. Usos Suelos Principal PUOS U1 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2011).

Tabla 6. *Tipo y uso de la superficie de la Administración Zonal Calderón.*

Superficie de la Administración Zonal Calderón según su tipo y uso. (hectáreas)	
Clasificación del suelo	
Suelo Urbano	6 187.63
Suelo Urbanizable	1 923.08
No Urbanizable	4 611.63
Total	12 722.34
Uso Residencial	
Residencial 1	4 218.42
Residencial 2	734.03
Residencial 3	367.49
Múltiple	163.79
Total	5 483.73
Uso Industrial	
Industrial 2	79.19
Industrial 3	0.00
Industrial 4	0.00
Total	79.19
Otros Usos	
Equipamiento	637.11
Patrimonial	0.00
Agrícola Residencial	2 101.00
Protección ecológica	3 275.67
Total	6 013.78
Recursos Naturales	
RNR	951.52
RNNR	113.67
Total	1 065.19

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Administraciones zonales y parroquias (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

La tabla muestra que la mayor parte de la superficie de la Parroquia de Calderón es suelo urbano o urbanizable, con presencia de área ecológica en protección, mediana área para agricultura y una mínima área de uso industrial. (Plan Metropolitano de Desarrollo, 2012)

2.1.7. Tipos de suelo.

Tipos de suelos en el cantón Quito.

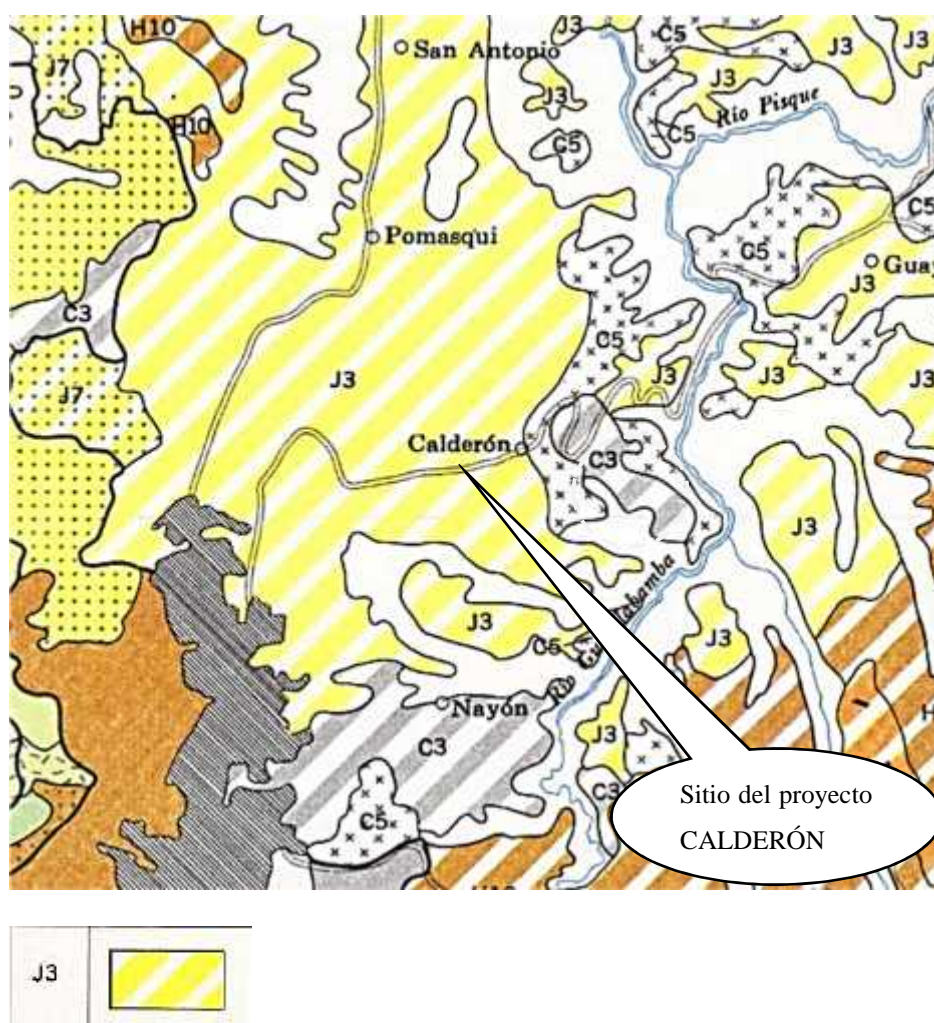


Figura 4. Ubicación geográfica de órdenes de suelos en el cantón Quito.

Fuente: Mapa de suelos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2016).

El tipo de suelo que predomina en el sector del proyecto es el tipo J3, que constituye suelos arenosos provenientes de material piroclástico poco meteorizado, el mismo se encuentra en la parte baja del callejón interandino con relieve tenuemente ondulado. Siendo predominante en la superficie suelos suaves y oscuros principalmente constituidos por cenizas volcánicas bajo una carpeta de pastura de aproximadamente 70 cm de espesor, enriquecidos con materia orgánica y por consiguiente con presencia de calcio y magnesio, lo que los cataloga como suelos Molisoles, que son horizontes fértiles, productivos e importantes, ampliamente utilizados para la agricultura y cultivos intensivos.

2.1.8. Ambiente.

La temperatura de la parroquia de calderón fluctúa entre los 6°C y 25°C, con un clima seco – templado, durante el día y un clima frío durante las noches, ubicado a una altura de 2696 metros s.n.m. con variaciones en su topografía; presenta baja presencia de precipitaciones que fluctúan entre los 400 mm y 800 mm anuales debido a la falta de elevaciones colindantes.

Siendo la parroquia de Calderón parte del cantón Quito, se encuentra sujeto a dos estaciones la seca y la lluviosa, la primera toma lugar entre los meses de julio a septiembre, mientras que la segunda entre octubre y junio. Mapa de Climas del Ecuador (INAMHI, 2006)

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS DEL PROYECTO

En este capítulo se detallan las metas del proyecto técnico, que se tomarán en cuenta para desarrollar y evaluar la alternativa más recomendable.

3.1. Objetivo general y objetivos específicos.

3.1.1. Objetivo general.

Realizar el análisis, cálculo y diseño sísmo resistente de la Edificación Caguano Torres según las normas ecuatorianas de la construcción actuales, para determinar la viabilidad técnica y económica de las alternativas de hormigón armado y mampostería estructural.

3.1.2. Objetivos específicos.

- Evaluar los parámetros de diseño de cada alternativa frente a las características y solicitudes presentes en la edificación en estudio.
- Obtener el diseño sísmo resistente de las alternativas de hormigón armado y mampostería estructural, con el fin de plasmar aspectos de funcionalidad, seguridad estructural y economía de la edificación.
- Elaborar el cálculo de elementos estructurales, planos estructurales, costos de construcción, evaluación de impacto ambiental, cronograma valorado y de tiempo de las alternativas en estudio.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

En este capítulo se analiza la información topográfica existente, con el fin de seguir un proceso metodológico, para así obtener un adecuado diseño sísmico resistente para las alternativas planteadas, dentro del proyecto.

4.1. Estudio topográfico.

La Topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (en sistema métrico decimal), y para direcciones se emplean unidades de arco. (grados sexagesimales). El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se llama comúnmente "Levantamiento". Procedimiento para el Levantamiento Topográfico (Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, 2006, pág. 36).

El encargado de realizar estos levantamientos topográficos se denomina topógrafo, el cual está encargado de realizar a detalle el levantamiento de la superficie propuesta y plasmar esa información en digital y/o físico, como planos de relieves, cortes longitudinales y transversales, curvas de nivel entre otros.

Herramientas y equipos que se utilizan en un levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico se lo realiza por medio de herramientas de medición entre las que se pueden mencionar:

Estación Total que incluye su trípode, prisma y barra, GPS portátil, cámara fotográfica de alta definición, carta con puntos georreferenciados, cinta métrica, estacas, pintura, piola.

Para el trabajo de gabinete se cuenta con varios programas computacionales, que permite procesar la información obtenida en campo y alcanzar los detalles requeridos del mismo. Topografía plana (Matera, 2002, pág. 20).

4.2. Estudio geológico y geotécnico.

La localización del sitio del proyecto permite determinar la composición del suelo, su origen, posibilidad de fallas geológicas, perfil estratigráfico, la capacidad portante del suelo; características que infieren en el diseño de la estructura. Ingeniería Geológica (Vallejo, 2004, pág. 02)

4.2.1. Estratigrafía.

Carta geológica, parroquia Calderón.

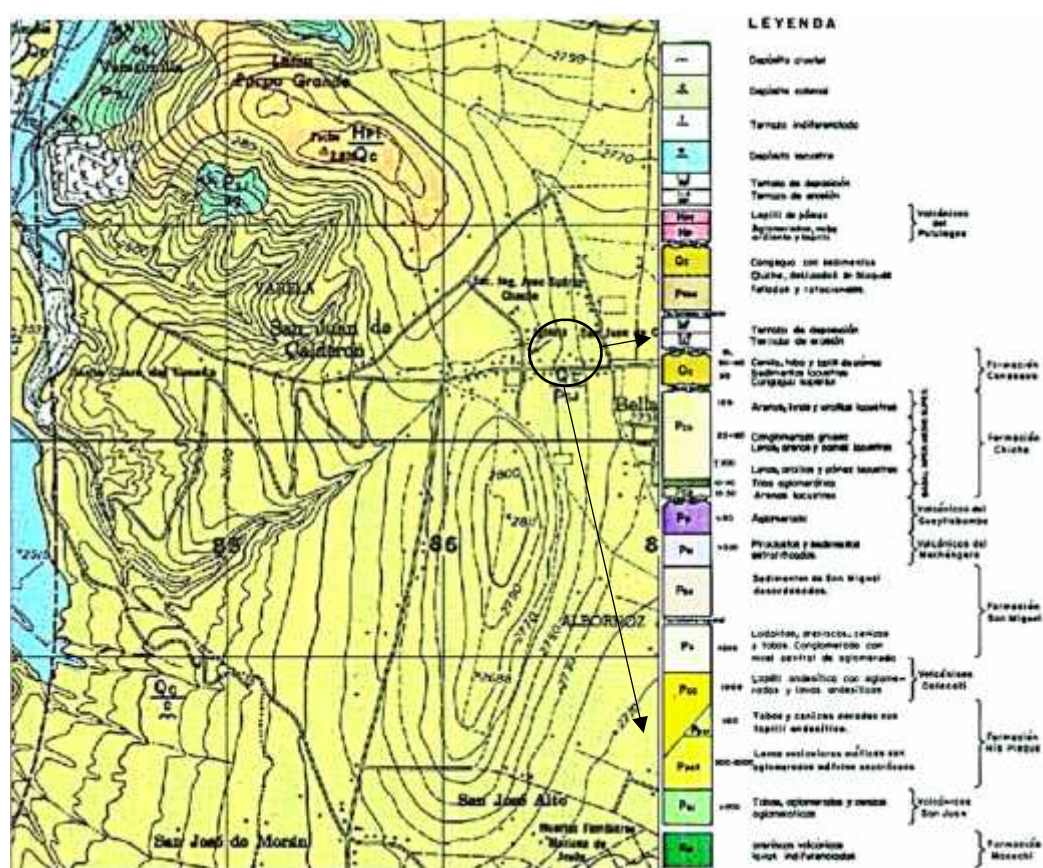


Figura 5. Estratigrafía de la parroquia Calderón.

Fuente: Infraestructura de datos espaciales del INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológica Minero Metalúrgica, 2016)

Cangagua Qc, (Cuaternario), es un deposito conformado en mayor parte por toba y ceniza, de color café amarillento, con carpetas de arena media y gruesa de color grisáceas, además de estratos de lapilli de color blanco amarillento, ha sido formado gracias a los volcanes adyacentes. Mapa Geológico del Ecuador (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2016)

Volcánicos San Juan PSJ, (Plioceno), es un deposito formado de lavas, piroclastos, aglomerados, y cenizas aglomeráticas; puede ser considerada una zona altamente fallada, en consecuencia, altamente inestable. El espesor de este depósito puede alcanzar los 500 metros. Mapa Geológico del Ecuador (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2016).

4.2.2. Tectónica.

La parroquia Calderón se ve afectada por la estructura geológica denominada falla o sistema de fallas de Quito, que se encuentra ubicada al este de la ciudad de Quito cerca de los Valles de Los Chillos y Tumbaco, por el extremo oriental conocido como las colinas del Tablón, frente a Amaguaña y en el lado norte afectando a Calderón. La falla de Quito es una falla inversa, lo que significa que el bloque de Quito se eleva con respecto al bloque de los Valles, esto se produce por resultado de una compresión tectónica que golpea al continente desde el oeste. Nivel de Alerta (Proporcionado por la SGR) (Instituto Geofísico, 2016)

4.2.3. Riesgo sísmico.

El Ecuador tiene una larga historia de actividad sísmica que, en los últimos 460 años, ha provocado la destrucción de ciudades enteras como Riobamba e Ibarra, con la muerte de más de 60 000 personas. Escenarios sísmicos probables evaluados en Quito, Guayaquil y Cuenca, muestran la necesidad urgente por emprender en programas para la mitigación del riesgo sísmico. El estudio del riesgo sísmico y su impacto en el desarrollo, constituye un reto científico crucial para el siglo veinte y uno. Norma Ecuatoriana de la Construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 14).

Zonas sísmicas en el Ecuador.

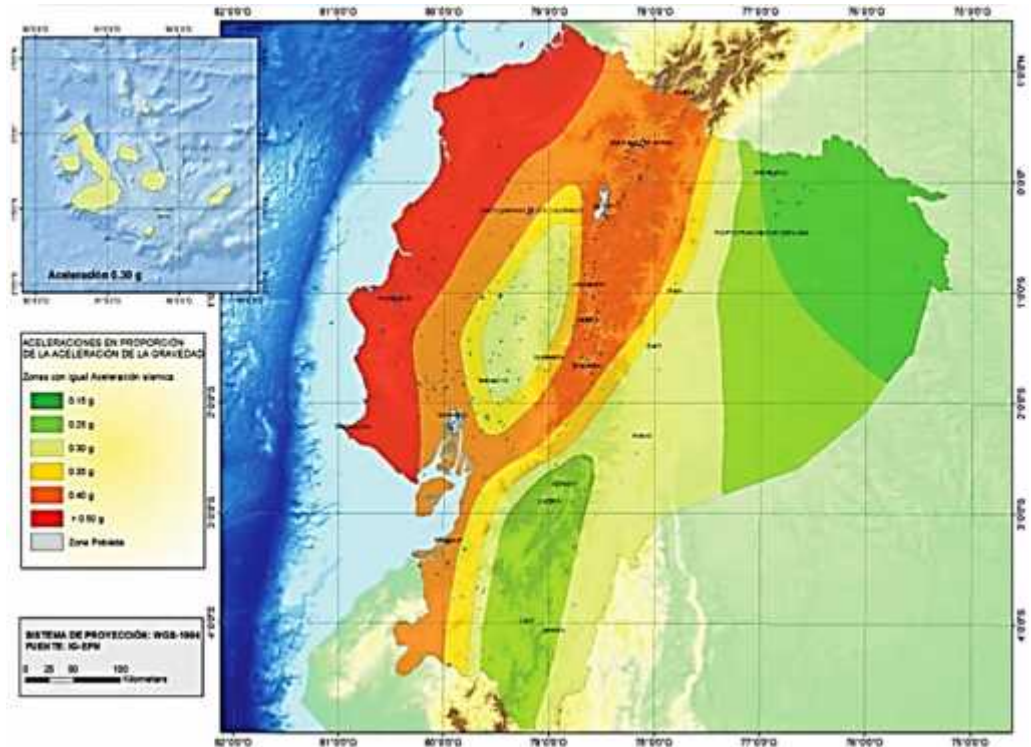


Figura 6. Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sísmico (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 15)

Calderón se encuentra en la zona sísmica IV, con un valor de 0.4 g para el factor Z, este valor representa a la aceleración sísmica en proporción de la aceleración de la gravedad.

4.2.4. Riesgo volcánico.

La estructura de Quito, presenta a una distancia de 12 km el volcán Pichincha como primordial amenaza, pero también como amenaza potencial el volcán Cotopaxi y el Pululahua que se encuentran en estado pasivo – activo, puesto que en caso de erupción del volcán Cotopaxi se cortaría la comunicación y comercio con el sur de Ecuador; adicionalmente se debe tomar en cuenta a los volcanes activos Cayambe y Antisana, que en caso de erupción afectarían a las zonas aledañas de Quito.

La actividad volcánica presente en nuestro país constituye un alto riesgo para la ciudad del Distrito Metropolitano de Quito, la cual sería afectada por flujos de volcanes, flujos piroclásticos, flujos de lava, y efectos relacionados con la ceniza volcánica no solo en la salud de los habitantes sino en la topografía y geografía de la ciudad. Erupciones Volcánicas (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2016)

4.2.5. Procesos geodinámicos.

La parroquia de Calderón posee un relieve llano, por lo que no presenta variaciones en su superficie, ni alteraciones de tipo mecánico, químico o biológico, por lo tanto, no presenta procesos geodinámicos.

4.2.6. Información geotécnica.

El objetivo de la información geotécnica, es el de enfocarse al sitio de implantación del proyecto, motivo por el cual se dispone del estudio de suelos del mismo. En el estudio de suelos se muestra 3 perforaciones de 6 metros de profundidad, en cada una de las perforaciones se realizó un ensayo de penetración estándar cada 50 centímetros y se recuperó muestra alteradas con la misma frecuencia.

Los trabajos de laboratorio se constituyen en humedad natural, clasificación visual y manual de cada una de las muestras obtenidas; límite de Atterberg y ensayos de granulometría en las muestras que se creyeron distintivas de cada estrato.

Pozo No 1, Pozo No 2 y Pozo No 3, el primer y único estrato descrito en las tres perforaciones llega a 6 metros de profundidad y corresponde a un suelo limo arenoso, inorgánico de baja compresibilidad, color café, plasticidad baja, consistencia y humedad media.

Tabla 7. *Resultados del ensayo de penetración estándar.*

Ensayo de penetración estándar.				
Descripción	Profundidad	No de golpes	Humedad	Clasificación
Pozo No 1	6 m	De 3 a 50	Entre 26 y 30 %	ML
Pozo No 2	7 m	De 20 a 55	Entre 22 y 29 %	ML
Pozo No 3	8 m	De 5 a 59	Entre 20 y 24 %	ML

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Informe de estudio de suelos para el sitio del proyecto.

El informe de estudios de suelos sugiere como recomendación para cimentación los plintos aislados arriostrados con cadenas de amarre en los dos sentidos ortogonales o vigas de cimentación.

El suelo presenta una capacidad portante admisible de 25 ton/m² y el nivel de desplante será - 4.75 metros con respecto al $N \pm 0.00$, previo al desplante se deberá compactar el suelo con equipo mecánico, con una energía de compactación equivalente al proctor modificado y cuyo porcentaje de compactación mínimo a alcanzar será de 90%. Estudio de suelos (Galvez, 2016)

4.3. Estudio arquitectónico.

El siguiente estudio tiene como base el detallar y analizar la información arquitectónica perteneciente a la edificación Caguano Torres, que se encuentra localizado en la parroquia de Calderón, la misma cuenta con todos los servicios básicos (Red de agua potable, red de luz eléctrica, red de alcantarillado, telefonía e internet), lo que permitirá un adecuado desenvolvimiento de los ocupantes de la edificación.

El proyecto tiene un área de 807.30 m², el acceso al sitio de implantación del proyecto se lo realiza por la Avenida Capitán Giovanni Calles, como vía principal, además cuenta con las vías perimetrales calle Jorge Carvajal, Efraín Armas y Saúl Quezada.

El proyecto constituye de una edificación de seis niveles los cuales están distribuidos en planta de subsuelo 2, planta de subsuelo 1, planta baja, primera planta alta, segunda planta alta y tercera planta alta; cuenta con dos parqueaderos en los dos subsuelos respectivamente y terraza accesible en la parte alta.

La edificación será para uso de oficinas con una distribución general por planta alta de sala de reuniones, cuarto de tableros, baños para hombres y mujeres, área de servidores, cafetería, cocina, vivienda de conserje, área de compensaciones, área de archivo pasivo, área de archivo de crédito, sala de auditorio, dieciocho parqueaderos en subsuelo 1 y doce parqueaderos en subsuelo 2.

Ver Anexo 1. Arquitectura general.

Plano Arquitectónico.

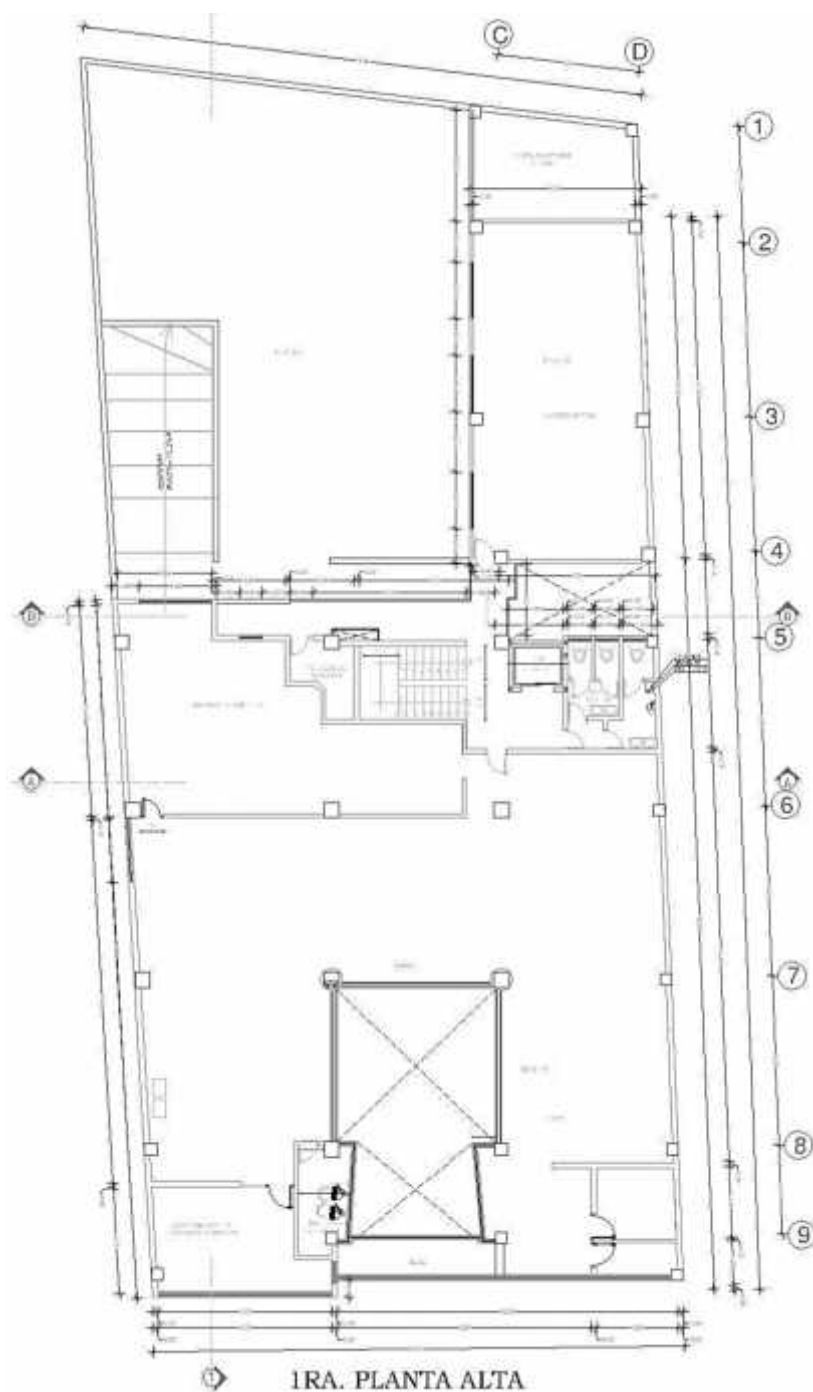


Figura 7. Distribución arquitectónica tipo.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Planos arquitectónicos.

Tabla 8. Cuadro de áreas.

Descripción	Nivel	Distribución del área	Área Bruta m²
Planta de Subsuelo 2	N - 5,33	Parqueaderos	324,32
Planta de Subsuelo 1	N - 2,33 / N - 2,15	Parqueaderos	806,63
		1/2 Baño	
Planta Baja	N + 0,45	Vivienda conserje	80,37
		Compensaciones	386,80
		Caja fuerte	
		Caja de tableros	
		1/2 Baño	
		Archivo pasivo	
		Área de cajas y atención al publico	
		Cajero diferido	
		Primera Planta Alta	N + 3,45
Archivo de crédito			
Cuarto de tableros			
Baño mujeres			
Baño hombres			
Área de espera			
Coordinador de crédito y cobranza			
Jefe de seguridad			
Segunda Planta Alta	N + 6,45	Área de cafetería	531,87
		Baño personal cafetería	
		Cocina cafetería	
		Área de servidores	
		Reparación	
		Cuarto de tableros	
		Baño mujeres	
		Baño hombres	
		Gerencia	
		Baño gerencia	
		Sala de reuniones	
		Baño sala de reuniones	
Tercera Planta Alta	N + 9,45	Área de cafetería	531,87
		Baño personal cafetería	
		Cocina cafetería	
		Área de bodega	
		Cuarto de tableros	
		Hall Foyer	
		Baño mujeres	
		Baño hombres	
		Auditorio	
		Áreas de uso múltiple	
Total			3184,28

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

4.4. Normas, ordenanzas y códigos.

Las normas, ordenanzas y códigos, son instrumentos que normalizan procesos, diseños y cálculos bajo criterios científicos, evaluados y coordinados para garantizar la seguridad y óptimo desempeño de elementos estructurales sometidos a solicitaciones exteriores.

Los elementos estructurales de hormigón armado serán realizados en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente en la actualidad (NEC 15), el mismo ha sido desarrollado por el convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON), y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), además de profesionales, docentes de educación superior de todo el país, consultores e investigadores nacionales e internacionales y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional; la Norma Ecuatoriana de la Construcción cuenta con diez secciones obligatorias a ser aplicadas para el diseño de edificaciones.

“Esta normativa representa para el Ecuador, un medio idóneo para mejorar la calidad de las edificaciones y sobre todo para proteger la vida de las personas. Su aplicación incidirá en el impulso al desarrollo tecnológico”. Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sísmico (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 15).

Adicionalmente se cuenta con los documentos del Instituto Americano del concreto ACI 318S-14, para elementos de concreto estructural, en su versión traducida al español.

Se seguirá las ordenanzas actuales para el Distrito Metropolitano de Quito, estos mandatos se aplican al uso y ocupación del suelo, tipos de construcciones, regulaciones metropolitanas, entre otros, los cuales son de carácter aplicativo obligatorio y se amparan en bases legales.

CAPÍTULO 5

PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS PRIMERA ALTERNATIVA

Se planteó como primera alternativa de diseño sismo resistente el sistema tradicional de construcción basado en hormigón armado y losas nervadas, sistema que se ha empleado y desarrollado con excelentes resultados bajo solicitaciones exteriores, permitiendo asegurar el correcto funcionamiento de la estructura y la seguridad de sus ocupantes.

5.1. Generalidades de la estructura.

La edificación Caguano Torres es para uso de oficinas, motivo por el cual cada elemento estructural será diseñado bajo esta característica principal, por lo tanto, la edificación no podrá ser reutilizada para ningún otro uso u ocupación. Entre los elementos que consta la edificación se cuenta con dos subsuelos para parqueaderos, vivienda de conserje y las plantas altas para servicios de oficina.

Ver Anexo 1. Arquitectura general.

La cimentación estará constituida por plintos aislados de hormigón armado, indicación adoptada del estudio de suelos realizado en el sitio de implantación del proyecto; es un elemento estructural primordial por lo cual contará con la suficiente conformación geométrica y cantidad de acero estructural en ambas direcciones, con el fin de garantizar una correcta disipación de fuerzas al contacto con el suelo, evitando el cruce de los bulbos de presión generados por cada plinto.

Las columnas, vigas y losas serán de hormigón armado, con una óptima concentración de acero y hormigón, balanceada para su correcto desempeño estructural, además las losas serán nervadas y aligeradas con bloque.

La edificación contara con elementos estructurales como diafragmas, los mismos que ayudan a la rigidez de la estructura, permitiendo asegurar una óptima interacción entre cada elemento estructural sujetos a fuerzas sísmicas.

La edificación en estudio cuenta con los correspondientes ejes arquitectónicos, a estos se les podrá añadir los ejes estructurales necesarios para una correcta descripción y lectura de los mismos.

Ejes arquitectónicos.

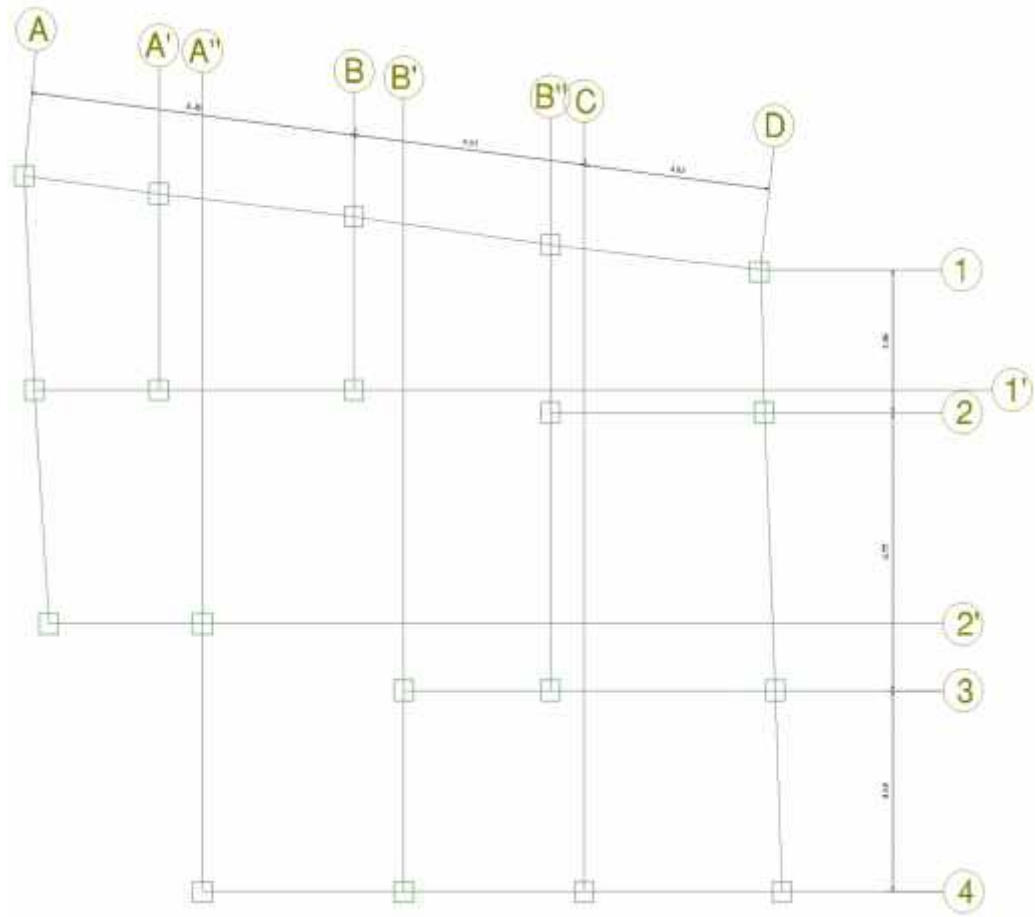


Figura 8. *Ejes arquitectónicos N – 5.33. Primera Alternativa.*

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Ejes arquitectónicos.

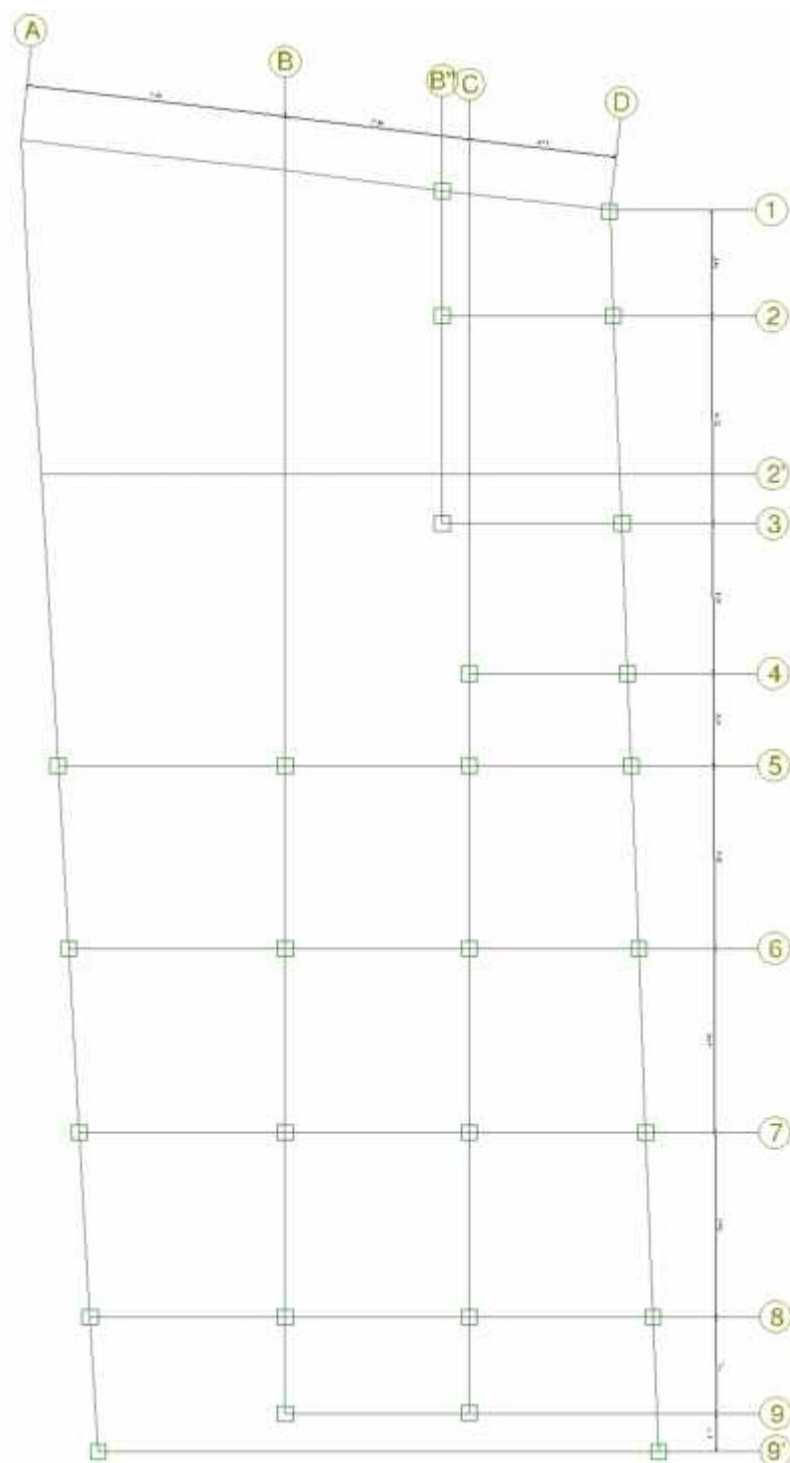


Figura 9. Ejes arquitectónicos $N - 2.33 / N + 0.45 / N + 3.45 / N + 6.45 / N + 9.45 / N + 12.60$
Primera Alternativa

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

5.2. Diseño estructural primera alternativa (Hormigón Armado).

La estructura debe considerarse como un grupo de elementos, ubicados de forma sistemática que trabajan monolíticamente para alcanzar los objetivos de estabilidad, funcionalidad, estética, seguridad y economía establecidos para el mismo.

El comportamiento que presenta el hormigón y el acero estructural, frente a la resistencia a la compresión y a la resistencia a la tensión respectivamente, permite obtener elementos estructurales que interactúan mutuamente frente a sollicitaciones externas.

Modelo estructural 3D Etabs v15.2.

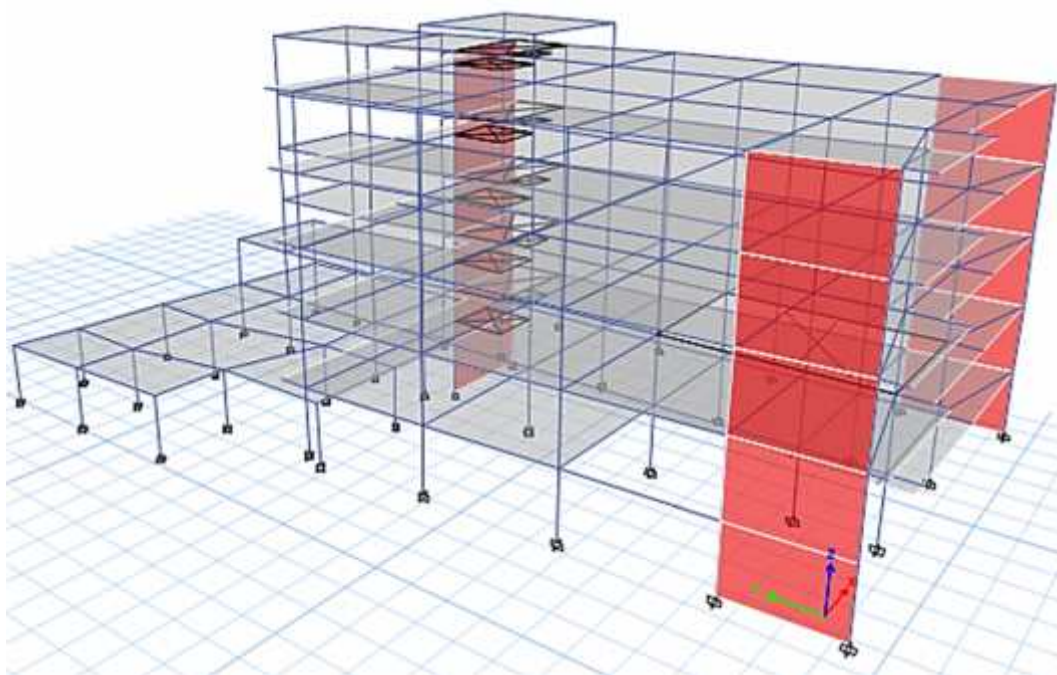


Figura 10. *Modelo estructural 3D Etabs v15.2. Primera Alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Tabla 9. *Principales ventajas del Hormigón Armado.*

Principales Ventajas del Hormigón Armado	
Característica	Razón
1.- Materiales	Cuenta con disponibilidad de los materiales, por lo general en casi todos los lugares.
2.- Adaptabilidad	Material moldeable a cualquier forma arquitectónica requerida.
3.- Resistencia al Fuego	El hormigón es malo conductor del fuego y su resistencia esta entre 1 a 3 horas.
4.- Resistencia a fuerzas	Resistente a fuerzas de compresión, tracción, corte y flexión.
5.- Mantenimiento	El mantenimiento para este tipo de material es mínimo.
6.- Monolítico	Debido a que todos los elementos estructurales están unidos sólidamente entre si, presentan alta estabilidad a movimientos sísmicos.
7.- Conservación	Debido a que el acero estructural se encuentra cubierto por una capa de hormigón este no requiere de ningún tipo de método de conservación.
8.. Impermeabilidad	La perfecta unión entre elementos permite asegurar una alta impermeabilidad de la estructura, siendo capaz de almacenar líquidos.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Diseño de Estructuras de Hormigón Armado (Alvéstegui, 2015, pág. 113)

5.2.1. Criterios generales de diseño.

Los principales elementos estructurales, que conforman el sistema estructural basado en hormigón armado son:

- Plintos.
- Columnas.
- Vigas.
- Diafragmas.
- Losa de entrepiso.

La cimentación será compuesta por plintos aislados, los cuales cumplirán con el objetivo de soportar las cargas presentes en la estructura y transmitir dichas cargas al suelo subyacente, para que este soporte las cargas presentes en la superestructura y no permita asentamientos.

Los plintos o zapatas aisladas son los elementos estructurales más usados comúnmente y soportan la carga de una única columna. Estos elementos cuentan con acero estructural ubicados en sus dos direcciones. Adicionalmente los plintos aislados constituyen la solución más económica entre diferentes tipos de cimentación.

Plinto aislado.

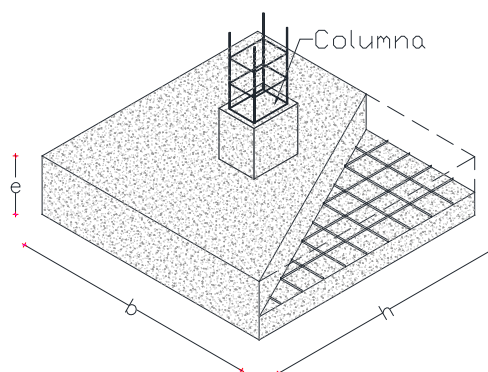


Figura 11. *Esquema de plinto aislado.*

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

El parámetro principal para la estructura en estudio es la seguridad, por lo tanto, la edificación debe tener la capacidad de soportar solicitaciones máximas, puesto que las mismas juegan un papel importante durante la vida útil de la estructura.

Viga de hormigón armado.

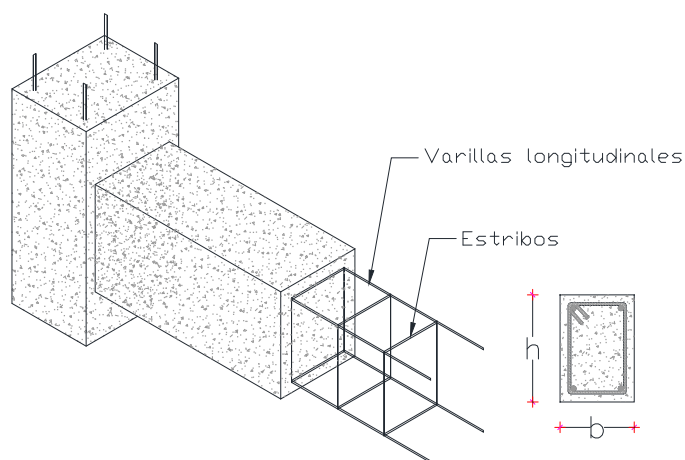


Figura 12. *Esquema de viga de hormigón armado.*

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Las columnas y las vigas, están constituidas por hormigón armado; a este tipo de conformación se las denomina columnas y vigas estribadas, el acero estructural está dispuesto longitudinalmente y transversalmente, con el objetivo de asegurar un óptimo desempeño de los elementos estructurales sometidos a solicitaciones axiales, de compresión y flexión. La conformación geométrica de columnas y vigas para el presente estudio serán rectangulares o cuadradas, aunque estas pueden ser octogonales, con forma de L, circulares, entre otros.

En las columnas, el acero estructural utilizado en los estribos, ayuda a aumentar la resistencia al corte, los estribos confinan las varillas longitudinales evitando el efecto de pandeo y el quiebre de recubrimiento.

Columnas de hormigón armado.

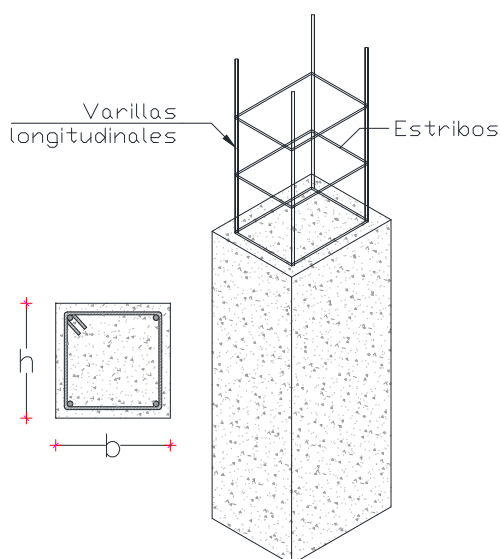


Figura 13. *Esquema de columna de hormigón armado.*

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

La losa está constituida por vigas de hormigón armado en sentido longitudinal y transversal, para aligerar el peso de la misma se utiliza bloques prefabricados, que permite formar nervios entre la separación de cada par de bloques, esto permite tener un espesor uniforme, así los esfuerzos de corte y flexión resultan bajos, también resiste cargas concentradas debido a que los nervios distribuyen las cargas a áreas más grandes. Este tipo de losas tiene la característica de permitir realizar aislamiento acústico y térmico.

Losa nervada.

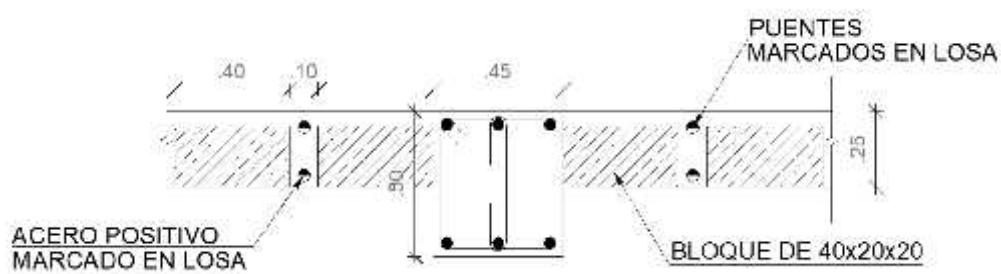


Figura 14. *Losa nervada.*

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

El control de deformaciones es un punto primordial a ser evaluado en el diseño de la estructura, por lo tanto, se determinó el valor de las derivas máximas de cada piso, las cuales fueron controlables. Es así que las derivas máximas presentes en cada planta no deben superar los valores presentes en la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 15, Capítulo 2. Peligro Sísmico), estos valores representan un porcentaje de altura de piso para estructuras de hormigón con un valor máximo permisible de $DM = 0.02$.

Tabla 10. *Límites permisibles de las derivas de los pisos. Primera alternativa.*

Descripción de la estructura:	M Máxima (Sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,02
Mampostería	0,01

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sísmico (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 40)

Para el diseño de los elementos estructurales presentes en la edificación, se utilizó las siguientes propiedades físicas y mecánicas del hormigón y el acero; así como factores de reducción de resistencia según las solicitaciones presentes.

Tabla 11. *Propiedades mecánicas del hormigón y acero.*

Propiedades físicas y mecánicas			
Acero			
Descripción		Valor	Unidades
Esfuerzo de fluencia	f_y	4200	kg/cm ²
Modulo de elasticidad	E_s	2100000	kg/cm ²
Hormigón			
Descripción		Valor	Unidades
Esfuerzo máximo de compresión	f_c	240	kg/cm ²
Modulo de elasticidad	E_c	$12000 \sqrt{f_c}$	kg/cm ²

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 5. Hormigón armado. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 33).

Tabla 12. *Factores de reducción de resistencia. Primera alternativa.*

Factores de reducción de resistencia	
Solicitaciones	Factores de reducción de resistencia
Secciones controladas por tracción	0.9
Tracción axial	0.9
Secciones controladas por compresión:	
Elementos con refuerzo transversal en espiral	0.75
Otros elementos reforzados	0.65
Cortante y torsión	0.75
Aplastamiento	0.65

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 5. Hormigón armado. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 34).

5.2.2. Cargas.

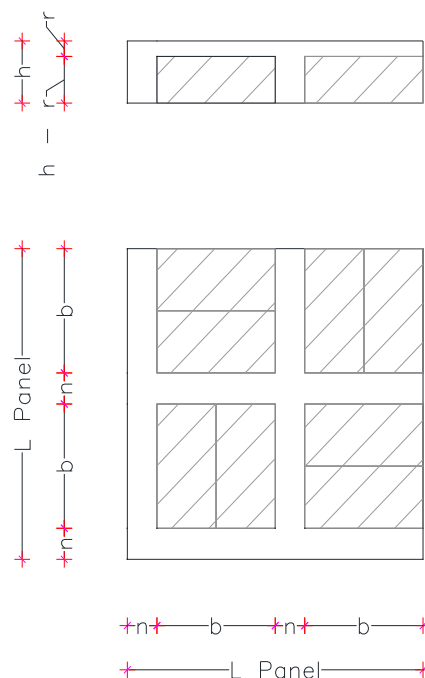
Carga muerta (carga permanente).

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura. Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 11).

CALCULO DE CARGAS

CARGA MUERTA

	Datos	
TIPO	=	Bidireccional
Peralte (h)	=	0.25 m
Hor. Armado	=	2.40 T/m ³
Paredes	=	2.20 T/m ³
Masillado	=	2.20 T/m ³
Bloques	=	0.85 T/m ³
Longitud de Panel	=	1.00 m
Bloque (b)	=	0.40 m
Nervio (n)	=	0.10 m
Recubrimiento (r)	=	0.05 m
Altura bloque (h - r)	=	0.20 m
Espesor Masillado (em)	=	0.05 m



Peso propio de la losa

Longitud de Panel	=	1.00 m	Panel de Calculo (1x1)m
Peralte (h)	=	0.25 m	
Nervio	=	0.10 m	
Espesor Loseta	=	0.05 m	
h - r	=	0.00 m	
Numero de bloques	=	8.00 u	
Área de bloques	=	0.64 m ²	Dimensiones Bloque de 20x40x20
Peso de loseta + Nervio	=	0.29 T/(m ² de losa)	Cada Bloque Pesa 7 kg o
Peso de bloque	=	0.06 T/(m ² de losa)	0.007 T/unidad
Subtotal	=	0.35 T/(m ² de losa)	

Peso del masillado

Espesor Masillado (em)	=	0.05 m
Peso	=	0.11 T/m ²
Sub total	=	0.11 T/m ²

Peso total de la losa

peso propio de losa	=	0.35 T/m ²
peso del masillado	=	0.11 T/m ²
TOTAL	=	0.46 T/(m ² de losa)

Peso de mampostería

Mampostería	=	0.20 T/m ²
TOTAL D (carga muerta):	=	0.66 T/(m ² de losa)

Carga viva (sobrecarga).

La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras. Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 11).

Tabla 13. Carga viva por planta. Primera alternativa.

Descripcion	Uso	Nivel (m)	Carga Viva kN/m2	Carga Viva kg/m2
Subsuelo 2	Parqueadero 2	N - 5.33	0,00	0,00
Subsuelo 1	Parqueadero 1	N - 2.33	2,00	200,00
		N - 2.15	0,00	0,00
Planta baja	Area de atencion a publico	N + 0.45	2,40	240,00
Primera planta Alta	Coordinacion	N + 3.45	2,40	240,00
Segunda Planta Alta	Gerencia	N + 6.45	2,40	240,00
Tercera Planta Alta	Auditorio	N + 9.45	2,90	290,00
Terraza Accesible	Recreativa	N + 12.60	3,00	300,00
Tapagradadas	Inaccesible	N + 14.50	0,70	70,00

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 25 - 31)

(P) Carga por viento.

Las estructuras de más de 2 pisos están expuestas a los efectos del viento, es una masa de aire que se desplaza principalmente de forma horizontal, aunque tiene un movimiento dinámico se la considera estática para fines de cálculo.

Velocidad Corregida del viento (Vb)

$$V_b = V *$$

Velocidad instantánea Máxima del viento en m/s, registrada a 10m de altura sobre el terreno (V)

21,00 m/s

Coefficiente de corrección ()

Características topográficas se reparten en 3 categorías:

Categoría A (sin obstrucción): Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

Categoría B (obstrucción baja): edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.

Categoría C (zona edificada): zonas urbanas con edificaciones de altura.

Se adopta la categoría = **C**

Tabla 14. *Coefficiente de corrección.*

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción Baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0,91	0,86	0,8
10	1	0,9	0,8
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 14 - 17)

Se interpola el la altura de la edificación que es de **12,60 m**

Valor a interpolar = 12,60 m

Valores: **10** **0,8**

Valores **20** **0,88**

Valor interpolado = 0,82

Se reemplaza valores en la ecuación:

$$V_b = V *$$

V = 21,00 m/s

= 0,82

V_b calc. = 17,2368

Como el factor se reduce se asume el mínimo

V_b asum. = **21,00 m/s**

Calculo de la presión del viento.

$$F = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

(Ce) Coeficiente de entorno/altura.

Tabla 15. *Coeficiente de entorno altura.*

Entorno del edificio	Altura elemento sobre nivel de suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades	1,63	1,63	1,63	1,63	1,68	2,15
Zona Urbanos	1,63	1,63	1,63	1,96	2,32	2,82
Zonas Rurales	1,63	1,63	1,89	2,42	2,75	3,2
Terreno abierto sin obstáculos	1,64	1,93	2,35	2,81	3,09	3,47

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 14 - 17)

Valor a interpolar = 12,60 m
 Valores: 10 1,63
 Valores 20 1,93
 Valor interpolado = 1,71

(Cf) Coeficiente de forma.

Tabla 16. *Coeficiente de forma.*

Construcción	Coeficiente Cf
elementos situados en patios interiores, cuyo ancho es inferior a la altura del edificio y sin conexión con el espacio exterior por su parte inferior, así como ventanas inferiores (en el caso que se disponga dobles ventanas).	0,3
Elementos en fachadas protegidas en edificios alineados en calles rectas, a una distancia de la esquina, mayor que la altura de la edificación, en bloques exentos en la parte central de una fachada, de longitud mayor que el doble de la altura o en	1,8
Elementos en fachadas expuestas en edificaciones aisladas o fachadas de longitud menor que el doble de la altura.	1,3
Elementos en fachadas muy expuestas, situados al borde de la orilla de lagos o del mar, próximos a escarpaduras, laderas de fuerte inclinación, desfiladeros, y otros.	1,5

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 17)

Se reemplaza valores en la ecuación:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * Vb^2 * Ce * Cf$$

Velocidad Corregida del viento (Vb) = 21,00 m/s

Coeficiente de entorno/altura (Ce) = 1,71

Coeficiente de forma (Cf) = 1,3

Densidad del aire (ρ) = 1,25 kg/m³

Presión del viento (P) = 612,00 kg/m²

(S) Carga de granizo.

$$S = \rho_s * H_s$$

Peso específico del granizo (ρ_s) = 1.000,00 kg/m³

Altura de acumulación (H_s) = 0,02 m

Carga de granizo (S) = 15,00 kg/m²

(T) Determinación del periodo de vibración.

$$T = t_1 h_1^{\alpha}$$

Tabla 17. Coeficientes según el tipo de estructura.

Tipo de estructura.	Ct	α
Sin arriostramientos.	0,072	0,8
Con arriostramientos.	0,073	0,75
Pórticos especiales de hormigón armado.		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores.	0,055	0,9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras en muros estructurales y mampostería estructural,	0,055	0,75

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sismo resistente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 62)

Datos

Altura máxima de edificación de n pisos,
medida desde la base de la estructura = 14,50 m
(hn)

Para pórticos especiales de hormigón armado con muros estructurales.

Coeeficiente que depende del tipo del
suelo (Ct) = 0,055

Coeeficiente () = 0,9

Periodo de vibración (T) = 0,61 s

Límites del periodo de vibración.

Número de golpes = 50 Este valor varia siendo mayor de 50

Tipo de suelo = D

Zona sísmica V = 0,4 Parroquia Calderón

Coeeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto (Fa) = 1,2

**Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de
desplazamientos para diseño en roca (Fd)** = 1,19

Comportamiento no lineal de los suelos (Fs) = 1,28

Ver Anexo 2. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sismo resistente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 31 - 32)

(Tc) Es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que presenta el sismo de diseño.

$$I_{Lc} = 0.55 I_{Ld} \frac{F_{Ld}}{F_{Lc}}$$

$$T_c = 0,70 \text{ s}$$

(To) Es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$$I_{L0} = 0.1 I_{Ld} \frac{F_{Ld}}{F_{L0}}$$

$$T_o = 0,13 \text{ s}$$

(Sa) Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.

Si cumple: $0 \leq T \leq T_c$ 0,61 s 0,70 s Ok

Utilizar: $S_u = \eta Z F_u$

Si cumple: $T > T_c$ 0,61 s > 0,70 s No cumple revisar la siguiente condición

Utilizar: $S_u = \eta Z F_u \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$

() Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

Relación de amplificación espectral , que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

$\eta = 1.80$ Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas).
 $\eta = 2.48$ Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.
 $\eta = 2.60$ Provincias del Oriente.

Se adopta : **2,48** Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

(r) Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

$r = 1$ Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
 $r = 1.5$ Para tipo de suelo E.

Se adopta r : **1** Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

Se reemplaza valores:

$S_u = \eta Z F_u$	$S_a =$	1,19 (g)	Solo usar este valor, revisar condiciones $0 \leq T \leq T_c$
$S_u = \eta Z F_u \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$	$S_a =$	1,36 (g)	No usar este valor, revisar condición $T > T_c$

(V) Calculo del cortante basal.

Para el cálculo del cortante basal se adopta el nivel de importancia I

Irregularidades y coeficiente de configuración estructural.

Los siguientes factores fueron determinados según las tablas del Anexo 3. Irregularidades y coeficientes de configuración estructural. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sísmico resistente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 48 - 51)

Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $P_i=0.9$

A = 12,64 m Paralelo a B
B = 18,78 m Longitud mayor
C = 17,31 m Paralelo a D
D = 37,96 m Longitud mayor

A > 0.15B
12,64 m > 2,82 m Estructura Irregular

C > 0.15D
17,31 m > 5,69 m Estructura Irregular

Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $P_i=0.9$

A = 31,45 m Longitud mayor
B = 18,78 m Longitud mayor
C = 9,34 m Paralelo a A
D = 6,00 m Paralelo a B
E = 0,00 m

C x D > 0.50 (A x B)
56,04 m² > 295,32 m² Estructura Regular

(C x D + C x E) > 0.50 (A x B)
56,04 m² > 295,32 m² Estructura Regular

Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $P_i=0.9$

Los ejes estructurales no son simétricos con los ejes ortogonales principales de la estructura, por lo tanto, es una estructura irregular respecto a los ejes.

(Ei) Coeficiente de irregularidad en elevación.

Tipo 3 - Irregularidad geométrica Ei=0.9

a = 40,82 m Longitud mayor

b = 3,20 m Longitud menor

$$\begin{array}{rcl} a & > & 1.3 (b) \\ 40,82 \text{ m} & > & 4,16 \text{ m} \end{array} \quad \text{Estructura Irregular}$$

(V) Cortante basal.

$$V = \frac{I * S}{R * \phi P * \phi E} * W$$

$$V = C * W$$

$$\begin{array}{rcl} I & = & 1 \\ S_a & = & 1,19 (g) \\ R & = & 8 \\ P_i & = & 0,9 \\ E_i & = & 0,9 \end{array}$$

$$C = 0,18$$

Valor utilizado para el diseño en ETABS v15.2

Tabla 18. *Peso reactivo de la estructura. Primera alternativa.*

Nivel	Masa	Peso (ton)
N + 14.50	0	0
N + 12.60	43203.84	423.83
N + 9.45	46833.35	459.44
N + 6.45	46637.80	457.52
N + 3.45	43132.26	423.13
N + 0.45	0	0
N - 2.33	0	0
N - 5.33	0	0
Sumatoria		1763.91

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

El peso reactivo (W), es el que reacciona frente a la acción de las fuerzas sísmicas, y tiene un valor de: 1763.91 toneladas.

Por lo tanto, reemplazando valores, se obtiene el siguiente valor del cortante basal.

$$V = C * W$$

$$V = 324,037 \text{ ton}$$

Factor cortante basal.

Figura 15. *Factor cortante basal. Primera alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Resumen de cargas y obtención de esfuerzos.

Tabla 19. *Cuadro de cargas por piso. Primera alternativa.*

Nivel (m)	Mamposteria (kg/m2)	Carga Viva (kg/m2)	Carga Muerta (kg/m2)
N - 5.33	0	0	0
N - 2.33	200	200	200
N - 2.15	200	0	200
N + 0.45	200	240	200
N + 3.45	200	240	200
N + 6.45	200	240	200
N + 9.45	200	290	200
N + 12.60	200	300	200
N + 14.50	0	70	200

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Para determinar las fuerzas laterales por acción sísmica se utiliza la siguiente formula:

$$F_{xi} = \frac{V * W_i * h_i}{\sum W_i * h_i}$$

Tabla 20. Distribución de fuerzas sísmicas por piso. Primera alternativa.

Piso	Nivel hi (m)	Área (m ²)	Carga (ton/m ²)	Peso wi (ton)	Wi*hi (ton*m)	Fxi (ton)
N + 14.50	0,00	35,76	0	0,00	0,00	0,00
N + 12.60	12,60	523,51	0,81	423,83	5340,25	120,27
N + 9.45	9,45	523,51	0,88	459,44	4341,66	97,78
N + 6.45	6,45	523,51	0,87	457,52	2950,98	66,46
N + 3.45	3,45	521,68	0,81	423,13	1459,79	32,88
N + 0.45	0,00	481,16	0	0,00	0,00	0,00
N - 2.33	0,00	282,29	0	0,00	0,00	0,00
N - 5.33	0,00	803,97	0	0,00	0,00	0,00
Sumatoria				1763,91	14092,69	317,40

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Tabla 21. Cuadro comparativo de resultados entre cálculos de Excel 2016 y Etabs v15.2. Primera alternativa.

Descripción	Etabs v15.2	Excel 2016
C	0.18	0.18
W (ton)	1763.31	1763.91
V basal	317.40	317.50
N + 12.60	122.89	120.27
N + 9.45	98.64	97.78
N + 6.45	65.51	66.46
N + 3.45	30.29	32.88

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Fuerzas sísmicas de la estructura Excel 2016.

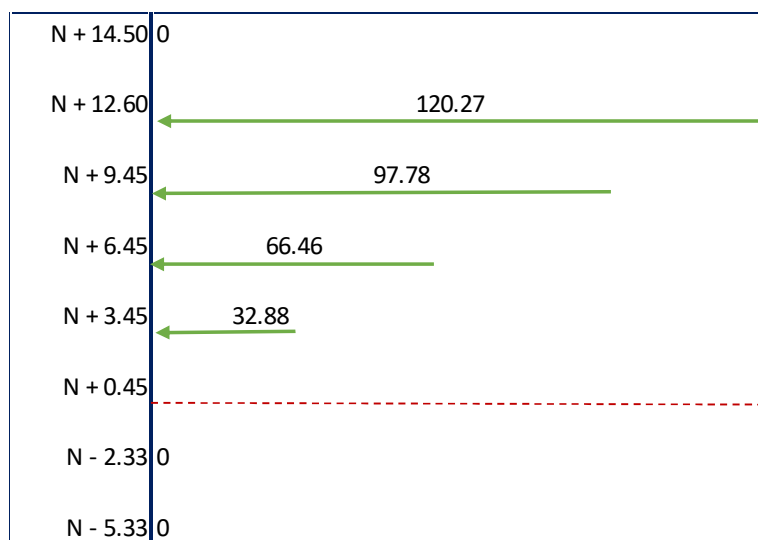


Figura 16. Fuerzas sísmicas de la estructura Excel 2016. Primera alternativa.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Fuerzas sísmicas de la estructura Etabs v15.2.

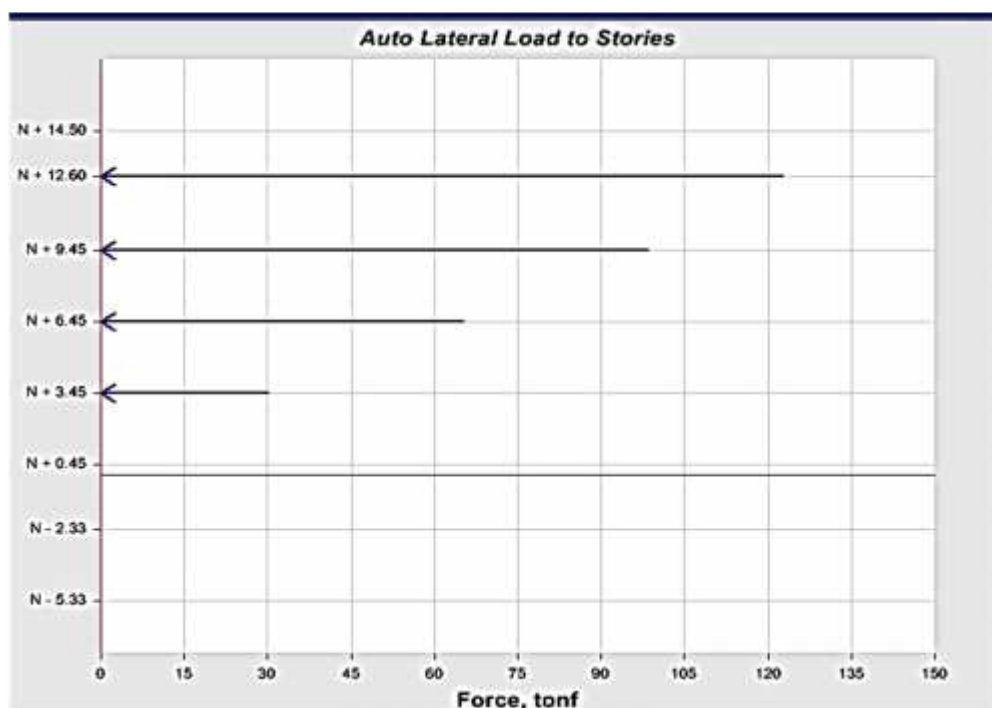


Figura 17. *Fuerzas sísmicas de la estructura Etabs v15.2. Primera alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Los cálculos manuales realizados en Excel 2016, son semejantes a los obtenidos mediante el programa de diseño estructural Etabs v15.2, por lo tanto, queda comprobado los resultados obtenidos del programa Etabs v15.2 y se aceptan para futuros cálculos.

5.2.2.1. Combinaciones de carga.

“Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las siguientes combinaciones:” Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 19)

“Los efectos más desfavorables, tanto de viento como de sismo, no necesitan ser considerados simultáneamente.” Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 19)

Tabla 22. *Combinaciones de cargas. Primera alternativa.*

Combinación 1	1.4 D
Combinación 2	1.2 D + 1.6 L + 0.5max(Lr; S; R)
Combinación 3	1.2 D + 1.6 Lmax(Lr; S; R) + max(L; 0.5 W)
Combinación 4	1.2 D + 1.0 W + L + 0.5max(Lr; S; R)
Combinación 5	1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
Combinación 6	0.9 D + 1.0 W
Combinación 7	0.9 D + 1.0 E

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 19)

Donde:

D Carga muerta.

L Sobrecarga (Carga viva).

E Carga de sismo.

Lr Sobrecarga cubierta (Carga viva).

S Carga de granizo.

W Carga de viento.

R Carga de lluvia.

5.2.3. Diseño de secciones.

La selección de secciones de elementos estructurales para la superestructura, se la realizo con asistencia del programa estructural Etabs v15.2, el mismo realiza iteraciones internas y presenta secciones resistentes a las solicitaciones presentes en la estructura, las secciones diseñadas y materiales utilizados son descritos a continuación:

Material hormigón Etabs v15.2.

Material Property Data

General Data

Material Name: Hormigon240

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 244.732 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 233928.19 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 97470.08 kgf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Figura 18. *Material hormigón Etabs v15.2. Primera alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Material acero de refuerzo Etabs v15.2.

Material Property Data

General Data

Material Name: Acero de refuerzo

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: [Blue] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7849.0476 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 800.38 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2038901.92 kgf/cm²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 19. Material acero de refuerzo Etabs v15.2. Primera alternativa.

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Ver Anexo 4. Diseño estructural. Primera alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte transversal de columnas.

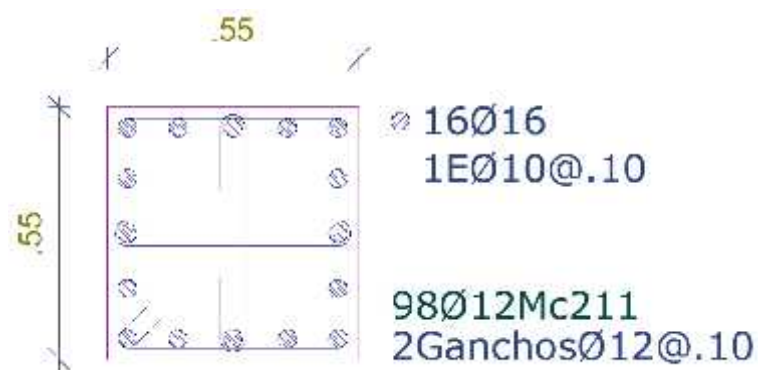
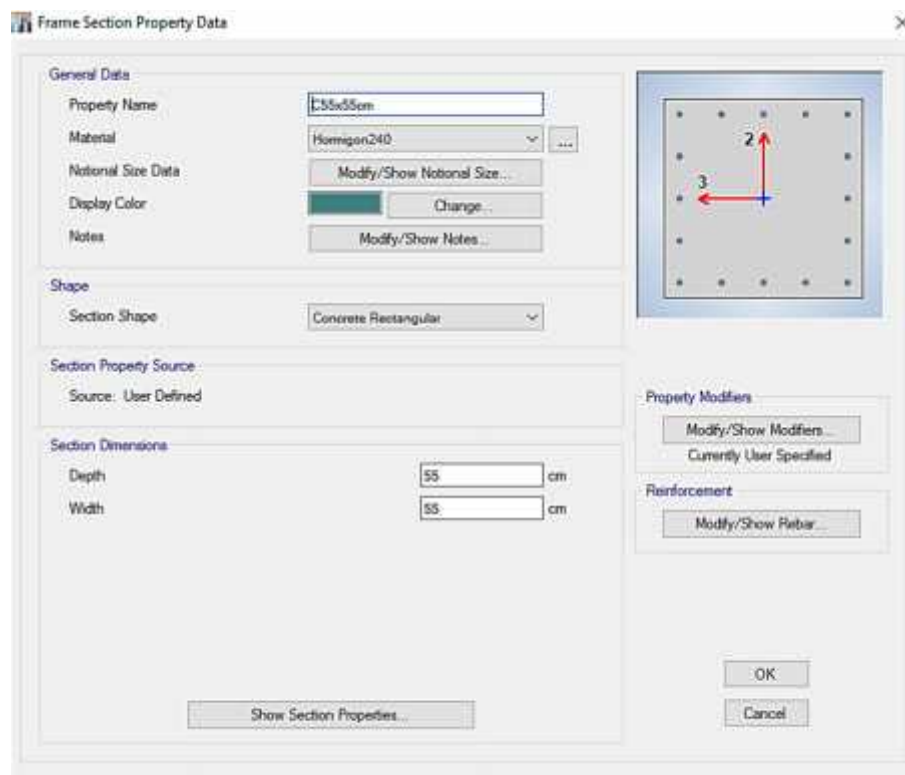


Figura 20. Diseño Etabs v15.2 y corte transversal columna. Primera alternativa.

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 5. Diseño definitivo de columnas en el programa Etabs v15.2 y verificación de diseño. Primera alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte transversal de diafragmas.

Wall Property Data

General Data

Property Name: Diafragma20cm

Property Type: Specified

Wall Material: Hormigon240

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thick

Modifiers (Currently User Specified): Modify/Show...

Display Color: [Olive Green] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 20 cm

OK Cancel



Figura 21. *Diseño Etabs v15.2 y corte transversal diafragma. Primera alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 6. Diseño definitivo de diafragmas Etabs v15.2 y verificación de diseño. Primera alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte transversal de vigas.

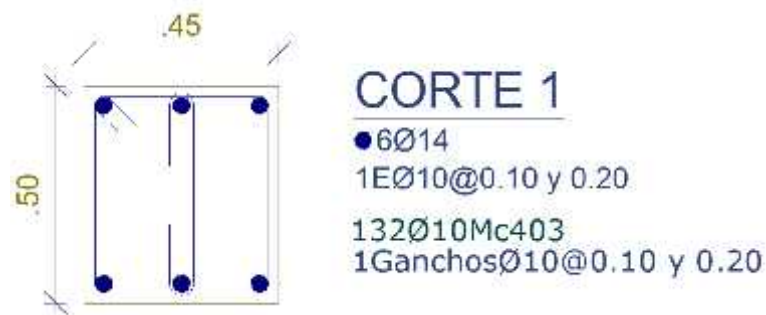
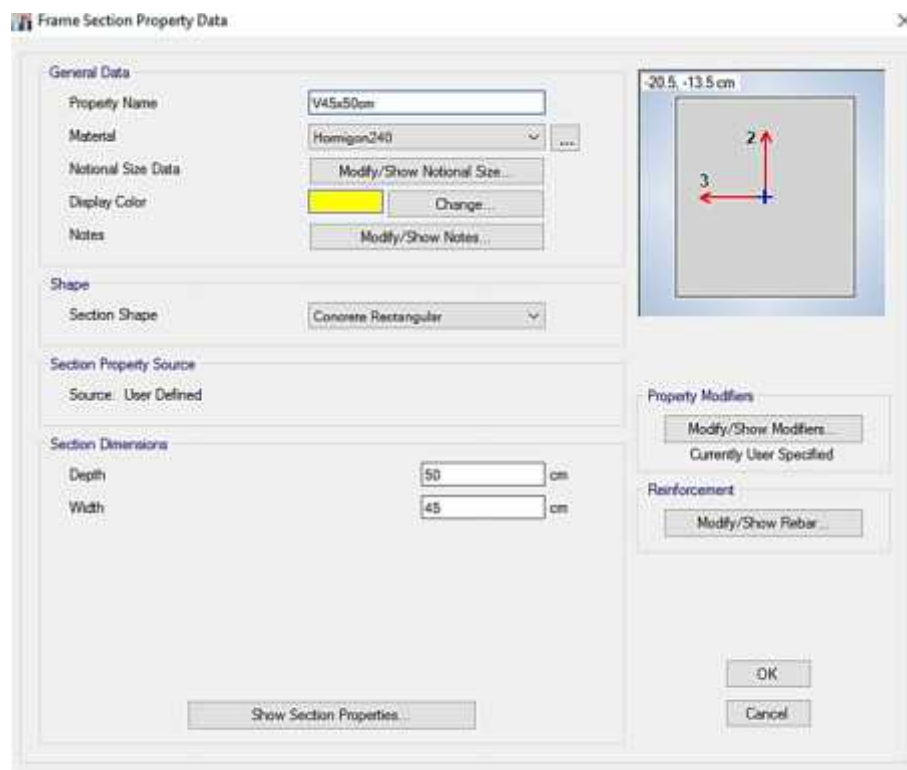


Figura 22. Diseño Etabs v15.2 y corte transversal viga. Primera alternativa.

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 7. Diseño definitivo de vigas en el programa Etabs v15.2, y verificación del diseño. Primera alternativa.

Ver Anexo 8. Verificación de nudo entre viga y columna. Primera alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte transversal de losa nervada.

Slab Property Data

General Data

Property Name: Losa25cm

Slab Material: Hormigon240

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

Thickness: 18.10 cm

OK Cancel



Figura 23. *Diseño Etabs v15.2 y corte transversal losa. Primera alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 9. Diseño definitivo de losas en el programa Etabs v15.2, y verificación del diseño. Primera alternativa.

Material hormigón Safe v14.1.1.

The image shows a 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. It is organized into four sections: General Data, Material Weight, Isotropic Property Data, and Other Properties for Concrete Materials. Each section contains specific input fields for material properties.

Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	Hormigón210	
	Material Type	Concrete	
	Material Display Color	[Cyan Color]	
	Material Notes		
Material Weight	Weight per Unit Volume	2.4028E+00	Tonf/m3
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	2217180.64	Tonf/m2
	Poisson's Ratio, U	0.2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	9.9E-06	1/C
	Shear Modulus, G	923825.27	Tonf/m2
Other Properties for Concrete Materials	Specified Concrete Compressive Strength, f'c	2100	Tonf/m2
	Lightweight Concrete	<input type="checkbox"/>	

Buttons: OK, Cancel

Figura 24. Material hormigón Safe v14.1.1. Primera alternativa.

Nota. Obtenido del programa Safe v14.1.1.

Diseño Safe v14.1.1 y planta plinto tipo.

Slab Property Data

General Data

Property Name: Zapata 1.5x1.5 h=20cm

Slab Material: Hormigón210

Display Color: [Blue Square] Change...

Property Notes: Modify/Show...

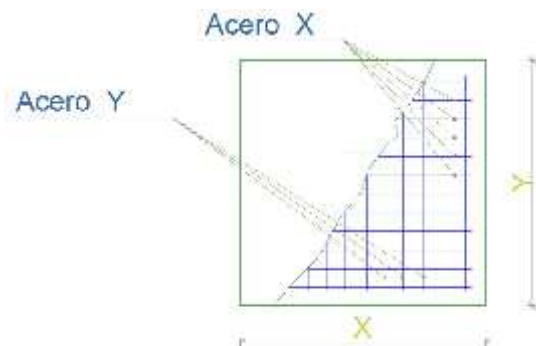
Analysis Property Data

Type: Footing

Thickness: 0.3 m

☒ Thick Plate ☐ Orthotropic

OK Cancel



PLINTO TIPO EN PLANTA

Figura 25. *Diseño Safe v14.1.1 y planta plinto tipo. Primera alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Safe v14.1.1 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 10. Diseño de cimentación en Safe v14.1.1 y verificación de diseño.
Primera alternativa.

5.3. Elaboración de planos estructurales.

Los planos estructurales de la edificación, son documentos realizados por el calculista, los cuales tienen notas, especificaciones de materiales, secciones, armado y cualquier otra información necesaria para la materialización de la estructura; los mismos se presentan de forma clara y precisa para poder interpretarse correctamente.

Por consiguiente, se presenta planos estructurales con las normas y especificaciones actuales vigentes en el Ecuador, que permiten un confiable desarrollo de las mismas en obra. Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Hormigón Armado (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 23)

Ver Anexo 11. Planos estructurales. Primera alternativa.

5.4. Análisis económico y financiero.

5.4.1. Presupuesto de la estructura.

El presupuesto es la estimación del costo de construcción de la alternativa de hormigón armado en estudio, y se valora por medio del cálculo de mediciones y valoraciones de cualquier elemento que intervenga en la construcción obteniendo un valor de \$580685.64 (quinientos ochenta mil seiscientos ochenta y cinco dólares americanos con 64 centavos). El mismo fue calculado con los precios actuales provistos por la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON).

Ver Anexo 12. Presupuesto de la estructura. Primera alternativa.

5.4.1.1. Estimación de volúmenes de obra.

Para estimar volúmenes de obra se calculó y cuantifico las secciones definitivas de cada elemento estructural perteneciente a la edificación en estudio.

Ver Anexo 13. Estimación de volúmenes de obra. Primera alternativa.

5.4.1.2. Análisis de precios unitarios.

El análisis de precios es el valor que cuantifica las actividades a realizarse por su unidad de medida, este contiene costos directos como mano de obra, equipo, herramientas y materiales y costos indirectos como transporte y utilidad.

El presupuesto real de la edificación Caguano Torres, se realizó con el análisis de precios unitarios considerando los valores de costos directos, a su vez se considera un porcentaje del 15% del costo directo para obtener el costo indirecto con el objetivo de obtener una ganancia favorable durante la ejecución del proyecto.

El cálculo de la mano de obra hace referencia a la tabla de valores salariales 2016, en la cual se especifica el jornal por hora, para estructuras Ocupacionales C2, E2, y D2, descripción de empleados a utilizarse durante la ejecución del proyecto.

Los materiales y transportes están de acuerdo a la especificación de cada rubro, determinando cotizaciones viables y económicas para la ejecución.

El valor monetario de materiales y herramientas a utilizarse fueron cotizadas con el manual de costos de la construcción de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON) emitido en diciembre 2015 vigente hasta diciembre del 2016 fecha en la cual se actualizan los datos. Manual de Costos (Camara de la Industria de la Construcción, 2016)

Ver Anexo 14. Análisis de precios unitarios. Primera alternativa.

5.4.2. Evaluación económica financiera.

La evaluación económica financiera consiste en transformar a una anualidad equivalente los ingresos y egresos que ocurren durante la fase de construcción de la edificación en estudio. Cuando la anualidad resulta con valor mayor a cero el proyecto es aprobado.

La evaluación económica financiera tiene como objetivo identificar, valorar y comparar entre sí los valores de costo beneficio, para identificar si el proyecto presenta viabilidad económica financiera.

La edificación Caguano Torres es un inmueble privado, con fines lucrativos para atención al público, el financiamiento será otorgado entre contratista y propietario con el objetivo de generar la capacidad financiera y rentabilidad de capital del proyecto durante el proceso de ejecución de la obra.

La evaluación financiera de la edificación considera los siguientes aspectos:

- Plan de financiamiento considerando los costos presupuestarios del proyecto.
- Rentabilidad del financiamiento estimado por los costos beneficios del proyecto.
- Viabilidad del proyecto por medio del análisis de sensibilidad.

Los flujos de ingreso y egreso de la edificación en estudio, están determinados con precios actualizados considerando el costo actual del terreno, costo de construcción del proyecto, avalúos municipales y sus respectivas mejoras emitidas por el Distrito Metropolitano de Quito DMQ. Buenas Prácticas Ambientales (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, 2016)

Tabla 23. *Avaluó comercial de la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.*

Plusvalía del Edificio Caguano Torres	
Número de predio	
Costo del terreno de acuerdo al municipio	75450
Costo de la construcción	\$580 685.64
Avalúo municipal luego de la construcción (84,44% del costo actual de construcción)	\$467 103.53
Plusvalía	\$38 132.11
Mejoras municipales 5% del avalúo municipal	\$23 355.18
Mejoras del terreno 2% del avalúo municipal	\$9 342.07
5% por cada año de calculo sobre el primer avalúo	\$3 772.50
Total sobre el que se calcula la Plusvalía	\$1 662.36
10% sobre la Plusvalía	\$166.24

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Tabla 24. *Beneficio de la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.*

Beneficio valorado para 12 años del Edificio Caguano Torres		
Nº	Incremento por año	Monto
1	2016	\$580 685.64
2	2017	\$580 851.88
3	2018	\$581 018.11
4	2019	\$581 184.35
5	2020	\$581 350.59
6	2021	\$581 516.82
7	2022	\$581 683.06
8	2023	\$581 849.30
9	2024	\$582 015.53
10	2025	\$582 181.77
11	2026	\$582 348.01
12	2027	\$582 514.24

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 15. Evaluación económica financiera primera alternativa.

5.4.3. Evaluación de sensibilidad.

La evaluación de sensibilidad se elaboró con el fin de determinar qué tan sensible es el proyecto frente a diferentes variables, con el propósito de dar la importancia y solución a cada variable considerada. El proyecto es de mediano plazo, por lo tanto, este análisis se argumenta en información estimada.

Se utilizó un porcentaje de eficiencia de $\pm 10\%$ a $\pm 25\%$, con el objetivo de verificar el porcentaje de inversión, por medio del flujo de caja, el cual considera el Valor Actualizado Neto (VAN) del proyecto en base a cobros y pagos generados de la inversión inicial.

Tabla 25. *Variación de sensibilidad de la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.*

Detalle	-25%		-10%		10%		25%	
	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
Inversión	2 692 496.76	115.81	2 605 393.92	96.49	2 489 256.79	78.91	2 402 153.94	69.38
Beneficios	1 647 000.76	61.68	2 187 195.52	76.79	2 907 455.19	96.85	3 447 649.95	111.86

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

El proyecto es viable por presentar valores positivos que brindan una rentabilidad de capital mayor a la inversión inicial con un porcentaje de 10 a 25 %.

Ver Anexo 16. Análisis de sensibilidad. Primera alternativa.

5.5. Evaluación de impacto ambiental.

Es un método técnico y práctico, que permite evaluar los efectos ambientales positivos y negativos generados por la ejecución de la edificación en estudio, cuantificando dichos efectos de manera sistemática e inclusiva, con el objetivo de preparar un correcto manejo ambiental.

La matriz de evaluación de impacto ambiental de la edificación, consideró aspectos físicos, bióticos y antrópicos durante la fase de ejecución y la fase final del proyecto.

La edificación es privada y para atención al público, presenta áreas comunales para socialización y espacios verdes cumpliendo con lo determinado en las ordenanzas municipales del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ); por tal motivo la matriz de impacto ambiental considera aspectos en la ejecución de obra, ubicación del sector, funcionalidad y finalización del proyecto, de acuerdo al listado de revisión ambiental propuesto por la PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (Gestión Ambiental, 2016)

La edificación Caguano Torres presenta una calificación ambiental de 2,20, equivalente a un impacto moderado bajo durante la etapa de ejecución del proyecto, y en la fase final se redujo una décima, por lo tanto, el proyecto tendrá un impacto ambiental moderado.

La tabla de efectos ambientales y el control de efecto de reducción ambiental, tiene objetivo de disminuir la incidencia negativa en el medio biótico y paisajístico del sector.

Tabla 26. *Medidas de prevención para la edificación Caguano Torres. Primera alternativa.*

Nº	TIPO DE IMPACTO	CAUSA	PREVENCIÓN
1	Emisión de gases nocivos por utilización de maquinaria durante el proceso constructivo	Incremento de enfermedades respiratorias para los moradores de sectores cercanos a la implantación del proyecto	Maquinarias en perfecto estado con permisos de funcionamiento y control de gases tóxicos
2	Contaminación de agua y medio físico por la utilización de materiales pétreos	Incremento de insalubridad y desperdicios tóxicos en las vías principales del sector	Control de materiales durante la ejecución de la obra y limpieza paulatina de la obra considerado en el cronograma de actividades
3	Incremento de ruido en zonas residenciales durante el proceso de construcción	Frustración y estrés poblacional	Trabajos de maquinaria pesada durante horas laborables, sin considerar trabajos nocturnos
4	Incremento de tráfico en zonas residenciales por el transporte de materiales	Frustración y estrés poblacional	Movilización de Maquinarias pesadas en horas decretadas por la Agencia Nacional de Transito.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 17. Evaluación de impacto ambiental. Primera alternativa.

CAPÍTULO 6

PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS SEGUNDA ALTERNATIVA

La segunda alternativa de diseño sismo resistente es el sistema de construcción basado en mampostería estructural, sistema económico que usa mampostería de alta resistencia con acero de refuerzo en sus cavidades, permitiendo un óptimo desempeño de la estructura bajo acción sísmica.

La alternativa de mampostería estructural para la arquitectura original, no puede ser realizada puesto que la edificación no cumple con el alcance que presenta la normativa ecuatoriana vigente, que cita:

“Este capítulo presenta criterios y requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería simple, mampostería armada y mampostería confinada, de hasta 4 pisos.” Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 7. Mampostería estructural (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 17)

Por consiguiente, se plantea una arquitectura con modificaciones en planta y elevación que presenta una aceptable semejanza con la arquitectura original; cumpliendo con los requerimientos anteriormente citados, para así ser diseñada.

6.1. Generalidades de la estructura.

La arquitectura de la edificación Caguano Torres presenta cuatro pisos siendo el ultimo nivel una losa inaccesible, no presenta subsuelos, y con ambientes tipo para permitir la correcta disposición vertical de la mampostería de alta residencia. El uso es para oficinas, lo que se tendrá en cuenta en el diseño estructural de cada uno de los elementos que lo componen.

Los cimientos están constituidos por losa de cimentación de hormigón armado, solución adecuada para el sistema constructivo a diseñar, el mismo que tiene una correcta proporción geométrica y estructural, para disipar las fuerzas actuantes al suelo subyacente.

La mampostería estructural de 40x20x20cm, será de tipo confinada con el fin de colaborar a la correcta transferencia de esfuerzos y favorecer a la geometría de la estructura en estudio; por lo tanto, contará con columnas 20x35cm, vigas 20x30cm y losas de 25cm de peralte para su correcto desempeño estructural.

Los ejes arquitectónicos propuestos, son semejantes a la de la arquitectura original para contribuir a la semejanza entre ambas.

Ejes arquitectónicos.

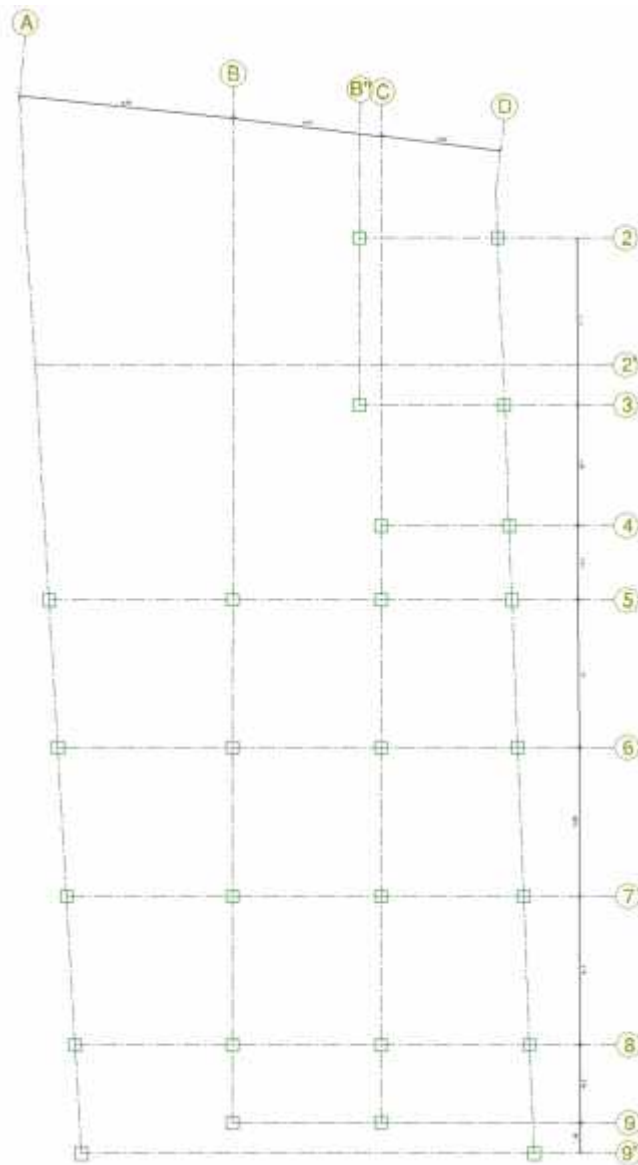


Figura 26. Ejes arquitectónicos $N + 0.45 / N + 3.45 / N + 6.45 / N + 9.45 / N + 12.60$. Segunda Alternativa

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

6.2. Diseño estructural segunda alternativa (Mampostería estructural).

La estructura conformada por mampostería estructural tiene la doble función de mejorar la estética arquitectónica y la resistencia estructural, por consiguiente, debe considerarse como un grupo de elementos ubicados de forma sistemática que trabajan monolíticamente para alcanzar los objetivos de estabilidad, funcionalidad, seguridad, estética y economía establecidos.

La mampostería estructural cuenta con resistencia a la compresión, tracción, corte y torsión lo que permite disponer de elementos estructurales con secciones mucho más económicas.

Modelo estructural 3D Segunda Alternativa Etabs v15.2.

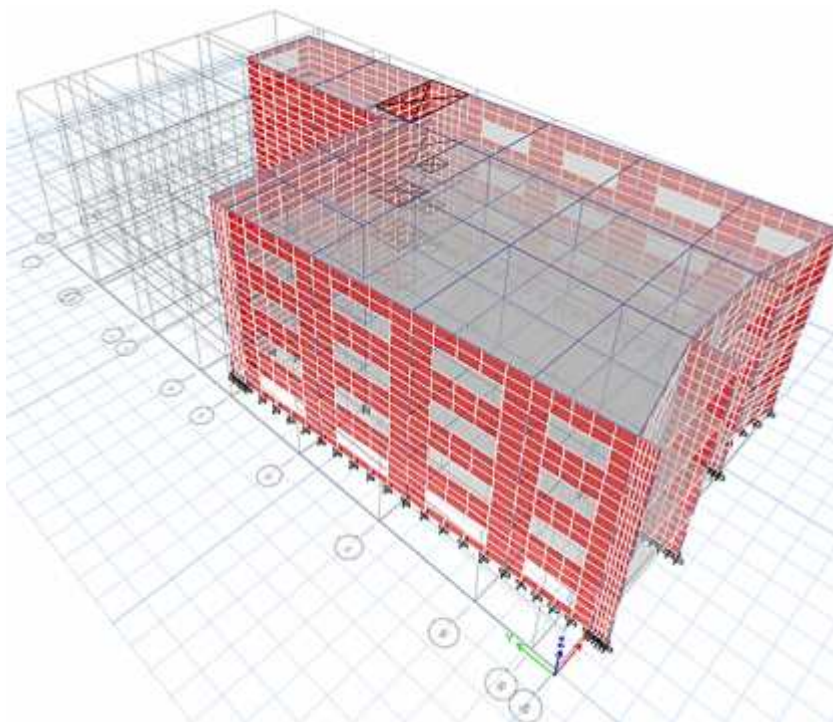


Figura 27. Modelo estructural 3D Etabs v15.2. Segunda alternativa.

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Tabla 27. *Principales ventajas de la mampostería estructural.*

Principales Ventajas del sistema de Mampostería Estructural	
Característica	Razón
1.- Materiales	Cuenta con disponibilidad de los materiales, los cuales deben de ser de excelente calidad.
2.- Adaptabilidad	Material moldeable a cualquier forma arquitectónica requerida.
3.- Resistencia al Fuego	La mampostería estructural es mala conductora del fuego y su resistencia esta entre 1 y 3 horas.
4.- Resistencia a esfuerzos	Resistente a esfuerzos de compresión, tracción, corte y flexión.
5.- Mantenimiento	El mantenimiento para este tipo de material es mínimo.
6.- Monolítico	Debido a que todos los elementos estructurales están unidos sólidamente entre si, presentan alta estabilidad a movimientos sísmicos.
7.- Conservación	Debido a que el acero estructural se encuentra cubierto por una capa de hormigón dentro de la mampostería este no requiere de ningún tipo de método de conservación.
8.. Impermeabilidad	La perfecta unión entre elementos permite asegurar una alta impermeabilidad de la estructura, siendo capaz de almacenar líquidos.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Guía para el Análisis de Estructuras de Mampostería (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 2008, pág. 32)

6.2.1. Criterios generales de diseño.

Los elementos del sistema de mampostería estructural son:

- Losa de cimentación.
- Columnas.
- Mampostería estructural.
- Vigas.
- Losa de entrepiso.

Cimentación.

“Las características propias de las cimentaciones para mampostería estructural, obedecen a las condiciones del suelo de cimentación y del proyecto en sí mismo.”

Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 7. Mampostería estructural (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 28)

La losa de cimentación se refuerza con acero estructural ubicado en ambas direcciones, se coloca un peralte que satisface efectos de punzonamiento y tiene la función de transmitir las cargas de la estructura al suelo subyacente, el mismo que debe garantizar asentamientos tolerables. Adicionalmente este tipo de cimentación para el sistema constructivo de mampostería estructural resulta un recurso económicamente óptimo. Diseño de cimentaciones (Hurtado, 2005, pág. 140)

Losa de cimentación.

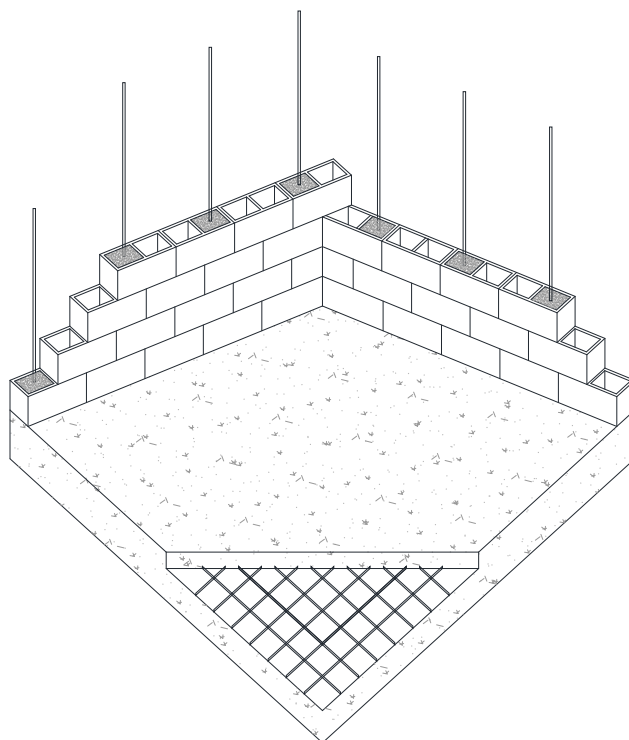


Figura 28. *Esquema de losa de cimentación.*

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Mampostería estructural.

“Los materiales de construcción, serán evaluados y verificados por los organismos competentes, para que cumplan con los requisitos, conforme con el reglamento técnico ecuatoriano (RTE INEN) y la norma técnica (NTE INEN) que se encuentren vigentes.”

Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 7. Mampostería estructural (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 20)

Mampostería estructural.

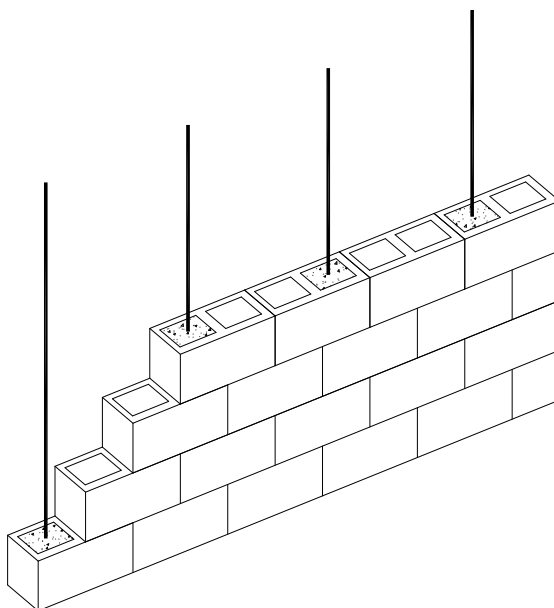


Figura 29. Esquema de mampostería estructural.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Los materiales comúnmente utilizados para mampostería, son:

- Mampostería de arcilla calcárea.
- Mampostería de arcilla no calcárea.
- Mampostería de concreto.
- Mampostería sílico calcárea.

Estos deben cumplir con los subsecuentes requerimientos:

- Uniformidad dimensional.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a corte.
- Resistencia a flexión.
- Retracción lineal.

Mortero de pega.

“Estos morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento; y, además garantizar su resistencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante.” Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 7. Mampostería estructural (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 21)

La mampostería estructural utilizará un mortero tipo M o S.

Mortero de relleno.

“Estos morteros, tendrán buena consistencia y fluidez suficiente para penetrar en las celdas de inyección sin segregación.” Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 7. Mampostería estructural (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 22)

Se usará un mortero tipo N para rellenar los orificios donde estará el refuerzo longitudinal.

Vigas y columnas.

Se colocan vigas y columnas de hormigón armado estribadas, el acero estructural garantiza un apropiado trabajo de los elementos estructurales bajo demandas axiales, de compresión, tracción y flexión. La geometría de estos elementos estructurales será de forma rectangular, para que se acople las losas nervadas con la mampostería estructural y esto permita mantener los ambientes propuestos, preservando así una correcta transferencia de esfuerzos y estética arquitectónica.

Viga de hormigón armado.

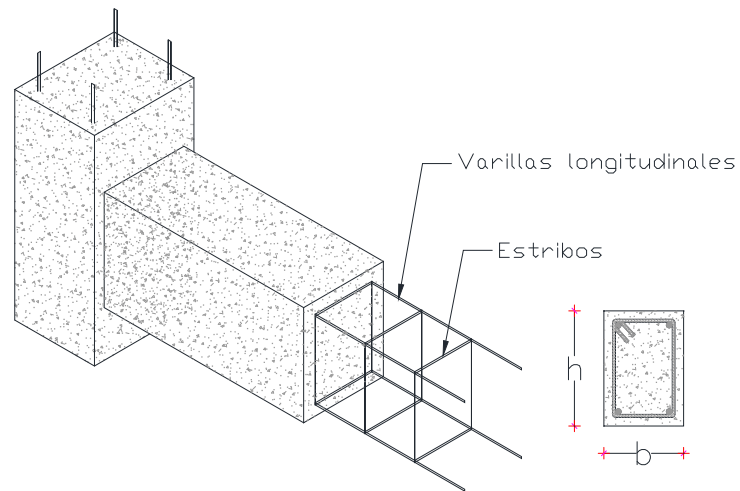


Figura 30. Esquema de viga de hormigón armado.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Una correcta disposición y cuantía de acero en columnas aumenta su resistencia, con esto se previenen efectos como pandeo, fisuración y explosión de recubrimiento.

Columnas de hormigón armado.

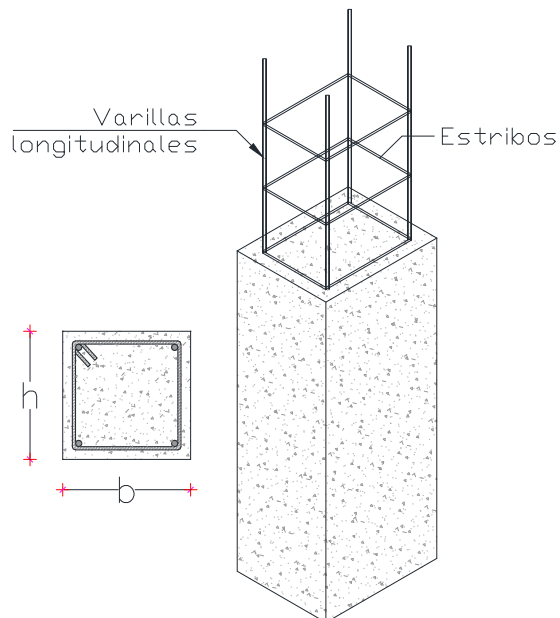
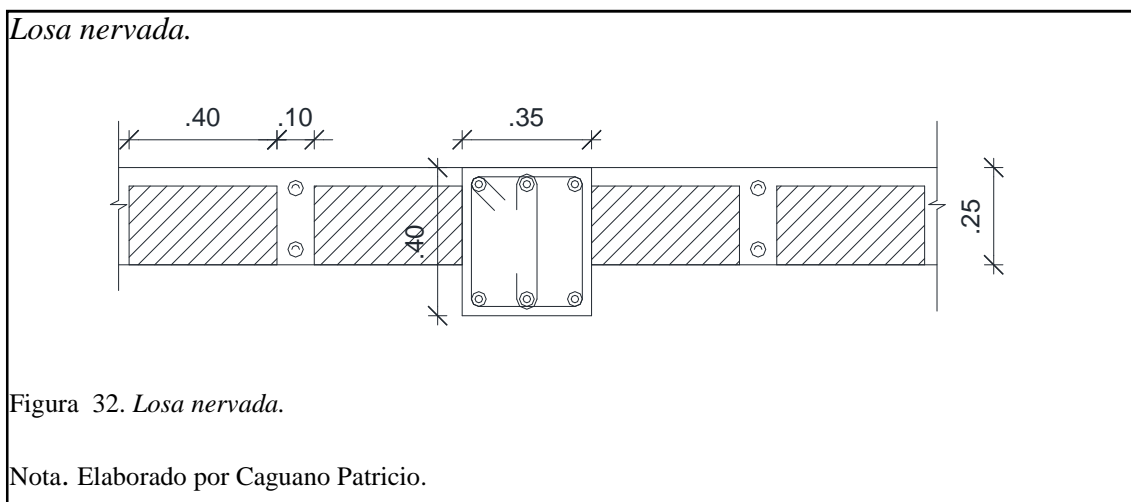


Figura 31. Esquema de columna de hormigón armado.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Losa de entrepiso.

Es una losa nervada de 25cm de espesor, conformada por nervios y bloques de alivianamiento prefabricados, que permiten soportar cargas puntuales que a su vez son disipadas a áreas más extensas; cuenta vigas perimetrales de hormigón armado de 20x30cm, para permitir una correcta transferencia de esfuerzos disminuyendo la flexión y el corte.



El diseño de la estructura tiene como punto esencial el control de las derivas de piso de la edificación, es así que, se obtuvieron las derivas máximas de piso por medio del programa Etabs v15.2, las mismas en ningún caso superan el nivel vigente en la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 15, Capítulo 2. Peligro Sísmico), este nivel tiene una valía máxima permisible de $DM = 0.01$ para mampostería.

Tabla 28. *Límites permisibles de las derivas de los pisos. Segunda alternativa.*

Descripción de la estructura:	M Máxima (Sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,02
Mampostería	0,01

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sísmico (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 40)

Los elementos estructurales de la edificación en estudio se diseñaron con las siguientes propiedades físicas, mecánicas, y con los siguientes factores de reducción de resistencia.

Tabla 29. *Propiedades mecánicas del hormigón y acero.*

Propiedades físicas y mecánicas			
Acero			
Descripción		Valor	Unidades
Esfuerzo de fluencia	f_y	4200	kg/cm ²
Modulo de elasticidad	E_s	2100000	kg/cm ²
Hormigón			
Descripción		Valor	Unidades
Esfuerzo máximo de comprensión	f_c	210	kg/cm ²
Modulo de elasticidad	E_c	12000 $\sqrt{f_c}$	kg/cm ²
Descripción		Valor	Unidades
Bloque de perforacion horizontal de arcilla	f_m	140	kg/cm ²
Bloque de perforacion vertical de concreto o de arcilla (sobre area neta)	f_m	140	kg/cm ²

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Tabla 30. *Factores de reducción de resistencia. Segunda alternativa.*

Factores de reducción de resistencia	
Solicitaciones	Factores de reducción de resistencia
Fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro	
Flexión y Flexo-compresión	0.8
Cortante	0.6
Fuerzas horizontales paralelas al plano del muro	
Flexión	0.85
Compresión y Flexo-compresión	0.6

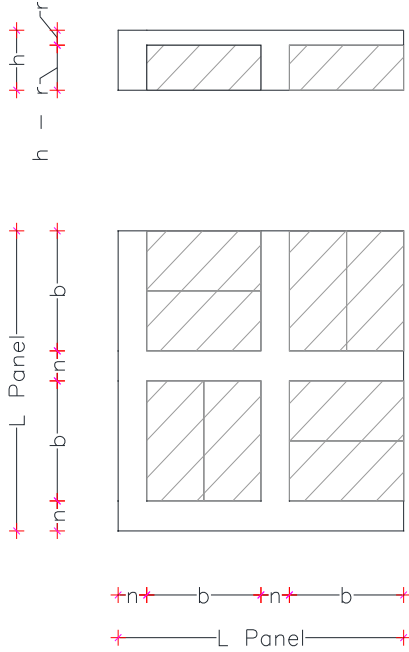
Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 7. Mampostería estructural. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 32).

6.2.2. Cargas.

Carga permanente (carga muerta).

La carga muerta está constituida por el peso de cada uno de los elementos de la estructura, que se mantendrán estáticos durante la vida útil de la edificación, tal es el caso de la mampostería, instalaciones, maquinarias y acabados.

CARGA MUERTA

	Datos		
TIPO	=	Bidireccional	
Peralte (h)	=	0.25 m	
Hor. Armado	=	2.40 T/m3	
Paredes	=	2.20 T/m3	
Masillado	=	2.20 T/m3	
Bloques	=	0.85 T/m3	
Longitud de Panel	=	1.00 m	
Bloque (b)	=	0.40 m	
Nervio (n)	=	0.10 m	
Recubrimiento (r)	=	0.05 m	
Altura bloque (h - r)	=	0.20 m	
Espesor Masillado (em)	=	0.05 m	
Peso propio de la losa			
Longitud de Panel	=	1.00 m	Panel de Calculo (1x1)m
Peralte (h)	=	0.25 m	
Nervio	=	0.10 m	
Espesor Loseta	=	0.05 m	
h - r	=	0.00 m	
Numero de bloques	=	8.00 u	Dimensiones Bloque de 20x40x20 Cada Bloque Pesa 7 kg o 0.007 T/unidad
Área de bloques	=	0.64 m2	
Peso de loseta + Nervio	=	0.29 T/(m2 de losa)	
Peso de bloque	=	0.06 T/(m2 de losa)	
Subtotal	=	0.35 T/(m2 de losa)	
Peso del masillado			
Espesor Masillado (em)	=	0.05 m	
Peso	=	0.11 T/m2	
Sub total	=	0.11 T/m2	

Peso total de la losa

peso propio de losa	=	0.35 T/m ²
peso del masillado	=	0.11 T/m ²
TOTAL	=	0.46 T/(m ² de losa)

Peso de mampostería

Mampostería	=	0.20 T/m ²
TOTAL D (carga muerta):	=	0.66 T/(m ² de losa)

Sobrecarga (Carga viva).

La carga viva está constituida por el peso de todos los elementos móviles presentes en la estructura, estos pesos están relacionados con el uso que se dé a la edificación.

Tabla 31. *Carga viva por planta. Segunda alternativa.*

Descripcion	Uso	Nivel (m)	Carga Viva kN/m ²	Carga Viva kg/m ²
Planta Baja	Area de atencion a publico	N + 0.45	0	0
Primera Planta Alta	Coordinacion	N + 3.45	2.4	240
Segunda Planta Alta	Gerencia	N + 6.45	2.4	240
Tercera Planta Alta	Auditorio	N + 9.45	2.9	290
Terraza	Inaccesible	N + 12.60	0.7	70

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 25 - 31)

(P) Carga por viento.

Para la carga de viento se tomó el valor obtenido para la alternativa de hormigón armado.

(S) Carga de granizo.

Para la carga de granizo se tomó el valor obtenido para la primera alternativa.

Carga por sismo.

(T) Determinación del periodo de vibración.

$$T = C_t h_n^x$$

Tabla 32. Coeficientes según el tipo de estructura.

Tipo de estructura.	Ct	α
Sin arriostramientos.	0,072	0,8
Con arriostramientos.	0,073	0,75
Pórticos especiales de hormigón armado.		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores.	0,055	0,9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras en muros estructurales y mampostería estructural,	0,055	0,75

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 62)

Datos

Altura máxima de edificación de n pisos,

medida desde la base de la estructura = 12.15 m

(hn)

Para pórticos especiales de hormigón armado con muros estructurales.

Coeficiente que depende del tipo del

suelo (Ct) = 0.055

Coeficiente ()

= 0.75

Periodo de vibración (T)

= 0.36 s

Límites del periodo de vibración.

Número de golpes

= 50

Este valor varia siendo mayor de 50

Tipo de suelo

= D

Zona sísmica

V

= 0.4

Parroquia Calderón

Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto (Fa)

= 1.2

Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca (Fd)

= 1.19

Comportamiento no lineal de los suelos (Fs)

= 1.28

Ver Anexo 2. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sísmico (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 31 - 32)

(Tc) Es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$$I_u = 0.55 F_z \frac{F_d}{F_u}$$

$$T_c = 0.70 \text{ s}$$

(To) Es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$$I_u = 0.1 F_z \frac{F_d}{F_u}$$

$$T_o = 0.13 \text{ s}$$

(Sa) espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). depende del periodo o modo de vibración de la estructura.

Si cumple:	0	T	Tc	
	0	0.36 s	0.70 s	Ok

Utilizar: $\Delta_u = \eta Z F_u$

Si cumple:	T	>	Tc	
	0.36 s	>	0.70 s	No cumple revisar la siguiente condición

Utilizar: $\Delta_u = \eta Z \bar{F}_u \left(\frac{\bar{I}_u}{\bar{I}} \right)^r$

() Razón entre la aceleración espectral Sa (T=0.1 s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

Relación de amplificación espectral , que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

Se adopta : **2,48** Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

(r) Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

(r) Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

$r = 1$ Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
 $r = 1.5$ Para tipo de suelo E.

Se adopta r : **1** Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

Se reemplaza valores:

$S_{du} = \eta \cdot I_u$	$S_a = 1.19 \text{ (g)}$	Solo usar este valor, revisar condiciones $0 < T < T_c$
$S_{du} = \eta \cdot I_u \left(\frac{T_u}{T} \right)^{\gamma}$	$S_a = 2.32 \text{ (g)}$	No usar este valor, revisar condición $T > T_c$

(V) Calculo del cortante basal.

Para el cálculo del cortante basal se adopta el nivel de importancia I

Irregularidades y coeficiente de configuración estructural.

Los siguientes factores fueron determinados según las tablas del Anexo 2. Irregularidades y coeficientes de configuración estructural. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 2. Peligro sísmico (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, págs. 48 - 51)

Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $P_i=0.9$

A =	12,64 m	Paralelo a B
B =	18,78 m	Longitud mayor
C =	17,31 m	Paralelo a D
D =	37,96 m	Longitud mayor

$$A > 0.15B$$

$$12,64 \text{ m} > 2,82 \text{ m} \quad \text{Estructura Irregular}$$

$$C > 0.15D$$

$$17,31 \text{ m} > 5,69 \text{ m} \quad \text{Estructura Irregular}$$

Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $P_i=0.9$

$$\begin{aligned} A &= 31,45 \text{ m} && \text{Longitud mayor} \\ B &= 18,78 \text{ m} && \text{Longitud mayor} \\ C &= 9,34 \text{ m} && \text{Paralelo a A} \\ D &= 6,00 \text{ m} && \text{Paralelo a B} \\ E &= 0,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C \times D &> 0.50 (A \times B) \\ 56,04 \text{ m}^2 &> 295,32 \text{ m}^2 \quad \text{Estructura Regular} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (C \times D + C \times E) &> 0.50 (A \times B) \\ 56,04 \text{ m}^2 &> 295,32 \text{ m}^2 \quad \text{Estructura Regular} \end{aligned}$$

Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $P_i=0.9$

Los ejes estructurales no son simétricos con los ejes ortogonales principales de la estructura, por lo tanto, es una estructura irregular respecto a los ejes.

(E_i) Coeficiente de irregularidad en elevación.

Tipo 3 - Irregularidad geométrica $E_i=0.9$

$$\begin{aligned} a &= 40,82 \text{ m} && \text{Longitud mayor} \\ b &= 3,20 \text{ m} && \text{Longitud menor} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &> 1.3 (b) \\ 40,82 \text{ m} &> 4,16 \text{ m} \quad \text{Estructura Irregular} \end{aligned}$$

(V) Cortante basal.

$$V = \frac{I * S}{R * \phi P * \phi E} * W$$

$$V = C * W$$

$$I = 1$$

$$S_a = 1.19 \text{ (g)}$$

$$R = 3$$

$$\phi_i = 0.9$$

$$\phi_e = 0.9$$

$$C = 0.49$$

Valor utilizado en el programa Etabs v15.2

Tabla 33. *Peso reactivo de la estructura. Segunda alternativa.*

Nivel	Masa	Peso (ton)
N + 12.60	32526.14	319.08
N + 9.45	50893.8	499.27
N + 6.45	50469.08	495.10
N + 3.45	47220.92	463.24
N + 0.45	0	0
Sumatoria		1776.69

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

En oposición a la acción de las fuerzas sísmicas reacciona el peso reactivo (W), y tiene un valor de: 1776.69 toneladas.

El valor del cortante basal resulta de:

$$V = C * W$$

$$V = 870.28$$

Factor cortante basal.

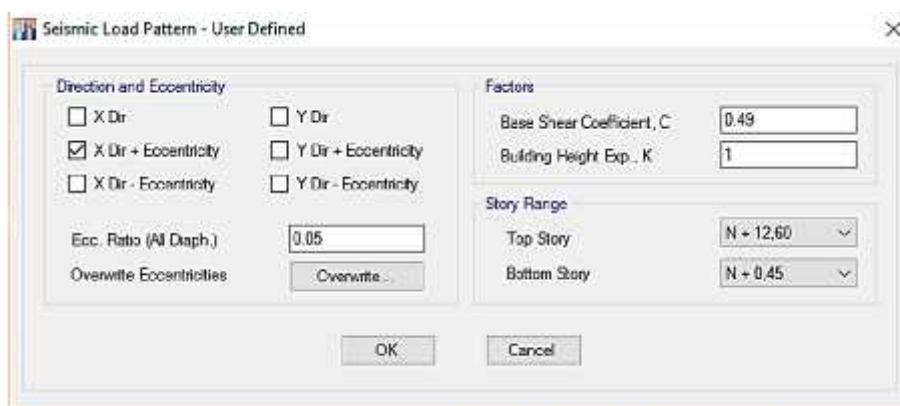


Figura 33. Factor cortante basal. Segunda alternativa.

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Resumen de cargas y obtención de esfuerzos.

Tabla 34. Cuadro de cargas por piso. Segunda alternativa.

Nivel (m)	Mampostería (kg/m2)	Carga Viva (kg/m2)	Carga Muerta (kg/m2)
N + 0.45	0	0	0
N + 3.45	200	240	200
N + 6.45	200	240	200
N + 9.45	200	290	200
N + 12.60	0	70	200

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Fuerzas laterales por acción sísmica:

$$F_{xi} = \frac{V * W_i * h_i}{\sum W_i * h_i}$$

Tabla 35. Distribución de fuerzas sísmicas por piso. Segunda alternativa.

Piso	Nivel hi (m)	Área (m²)	Carga (ton/m²)	Peso wi (ton)	Wi*hi (ton*m)	Fxi (ton)
N + 12.60	12.60	523.51	0.61	319.08	4020.43	258.60
N + 9.45	9.45	523.51	0.95	499.27	4718.08	303.48
N + 6.45	6.45	523.51	0.95	495.10	3193.41	205.41
N + 3.45	3.45	521.68	0.89	463.24	1598.17	102.80
N + 0.45	0.00	481.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria				1776.69	13530.08	870.28

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Tabla 36. Cuadro comparativo de resultados entre cálculos de Excel 2016 y Etabs v15.2. Segunda alternativa.

Descripción	Etabs v15.2	Excel 2016
C	0.49	0.49
W (ton)	1776.08	1776.69
V basal	870.28	870.58
N + 12.60	265.03	258.60
N + 9.45	307.17	303.48
N + 6.45	203.08	205.41
N + 3.45	95	102.80
N + 0.45	0	0.00

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Fuerzas sísmicas de la estructura Excel 2016.

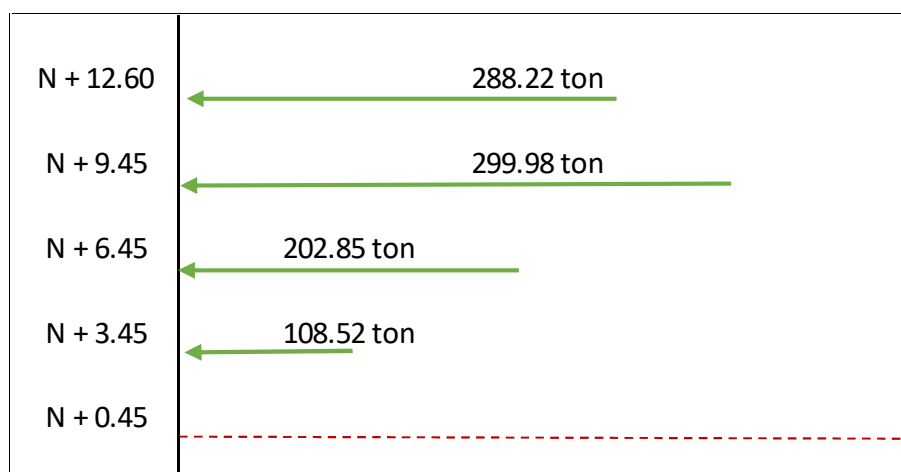


Figura 34. Fuerzas sísmicas de la estructura Excel 2016. Segunda alternativa.

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Fuerzas sísmicas de la estructura Etabs v15.2.

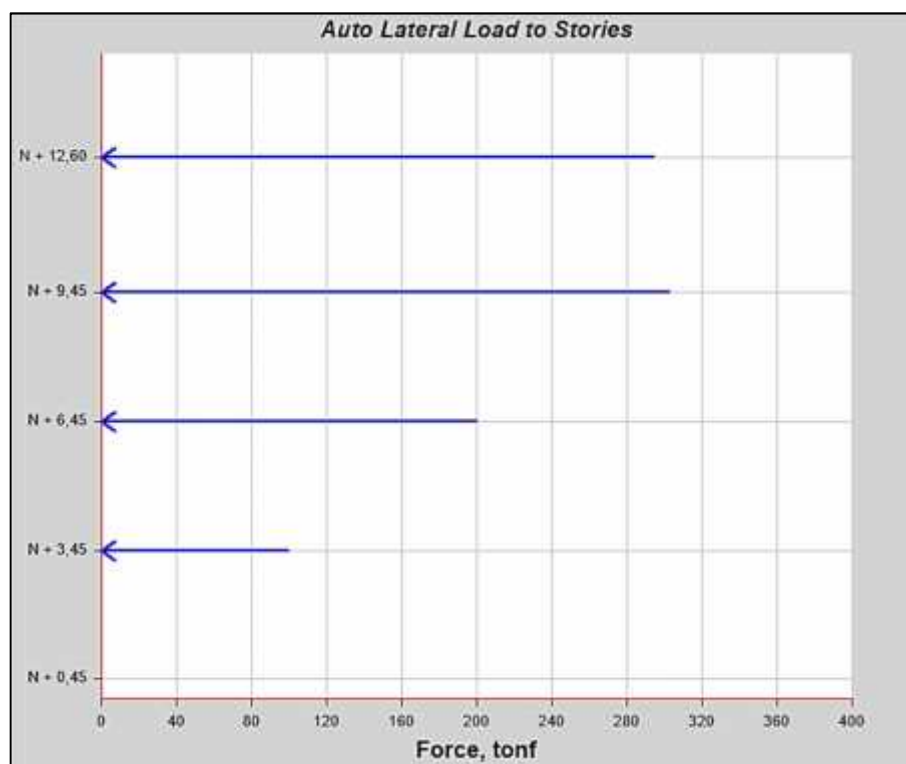


Figura 35. *Fuerzas sísmicas de la estructura Etabs v15.2. Segunda alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

La hoja electrónica Excel 2016 presenta valores similares a los obtenidos en el programa computacional Etabs v15.2 para diseño de estructuras, por lo tanto, se aceptan estos resultados como correctos para futuros cálculos.

6.2.2.1. Combinaciones de carga.

El diseño estructural de la edificación deberá resistir las combinaciones establecidas por la normativa ecuatoriana de la construcción (NEC 15), para garantizar que el modelo estructural supere las cargas mayoradas.

Tabla 37. *Combinaciones de cargas. Segunda alternativa.*

Combinación 1	$1.4 D$
Combinación 2	$1.2 D + 1.6 L + 0.5 \max(L_r; S; R)$
Combinación 3	$1.2 D + 1.6 L \max(L_r; S; R) + \max(L; 0.5 W)$
Combinación 4	$1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 \max(L_r; S; R)$
Combinación 5	$1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S$
Combinación 6	$0.9 D + 1.0 W$
Combinación 7	$0.9 D + 1.0 E$

Nota. Elaborado por Caguano Patricio. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 19)

Donde:

D Carga muerta.

L Sobrecarga (Carga viva).

E Carga de sismo.

L_r Sobrecarga cubierta (Carga viva).

S Carga de granizo.

W Carga de viento.

R Carga de lluvia.

Las cargas de sismo y de viento, no requieren ser utilizadas conjuntamente en el mismo diseño estructural.

6.2.3. Diseño de secciones.

El programa de diseño estructural Etabs v15.2 realiza iteraciones de secciones y muestra los elementos que mejor resisten a las demandas de la edificación, los elementos y materiales obtenidos se exponen a continuación:

Material hormigón Etabs v15.2.

Material Property Data

General Data

Material Name: Hormigon210

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Swatch] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 244.732 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 218819.7889 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 91174.91 kgf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 36. Material hormigón Etabs v15.2. Segunda alternativa.

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Material acero de refuerzo Etabs v15.2.

Material Property Data

General Data

Material Name: Acero de refuerzo

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7849.0476 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 800.38 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2038901.92 kgf/cm²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000017 1/°C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties..

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 37. Material acero de refuerzo Etabs v15.2. Segunda alternativa.

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2.

Ver Anexo 18. Diseño estructural Segunda alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte transversal de columnas.

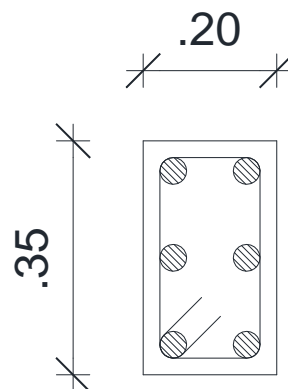
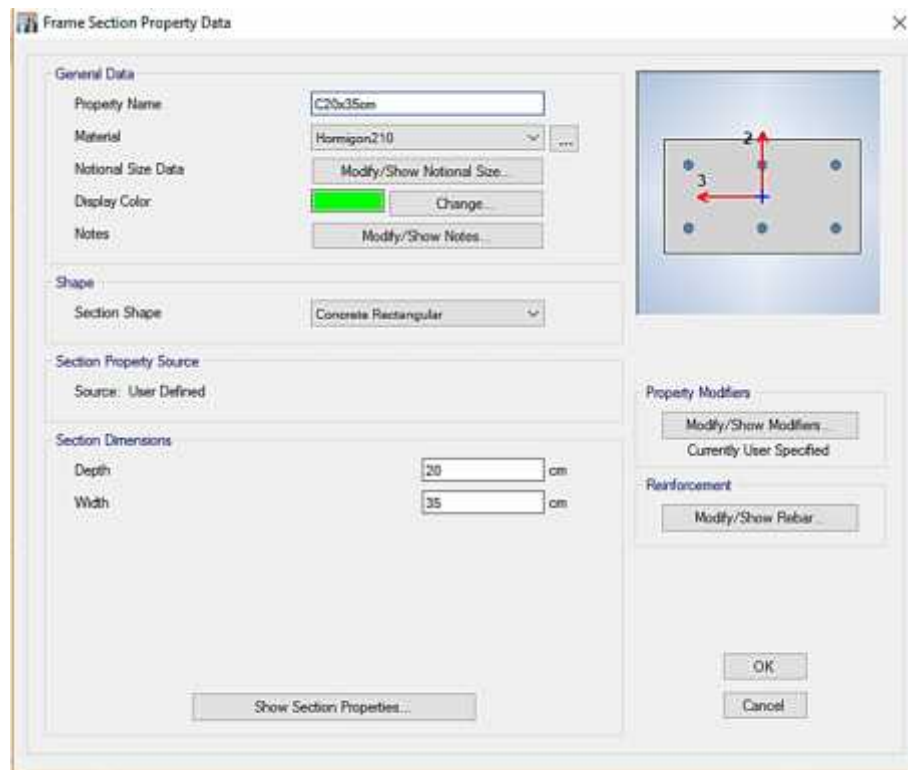


Figura 38. *Diseño Etabs v15.2 y corte transversal columna. Segunda alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 19. Diseño definitivo de columnas en el programa Etabs v15.2 y verificación de diseño. Segunda alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte de mampostería estructural.

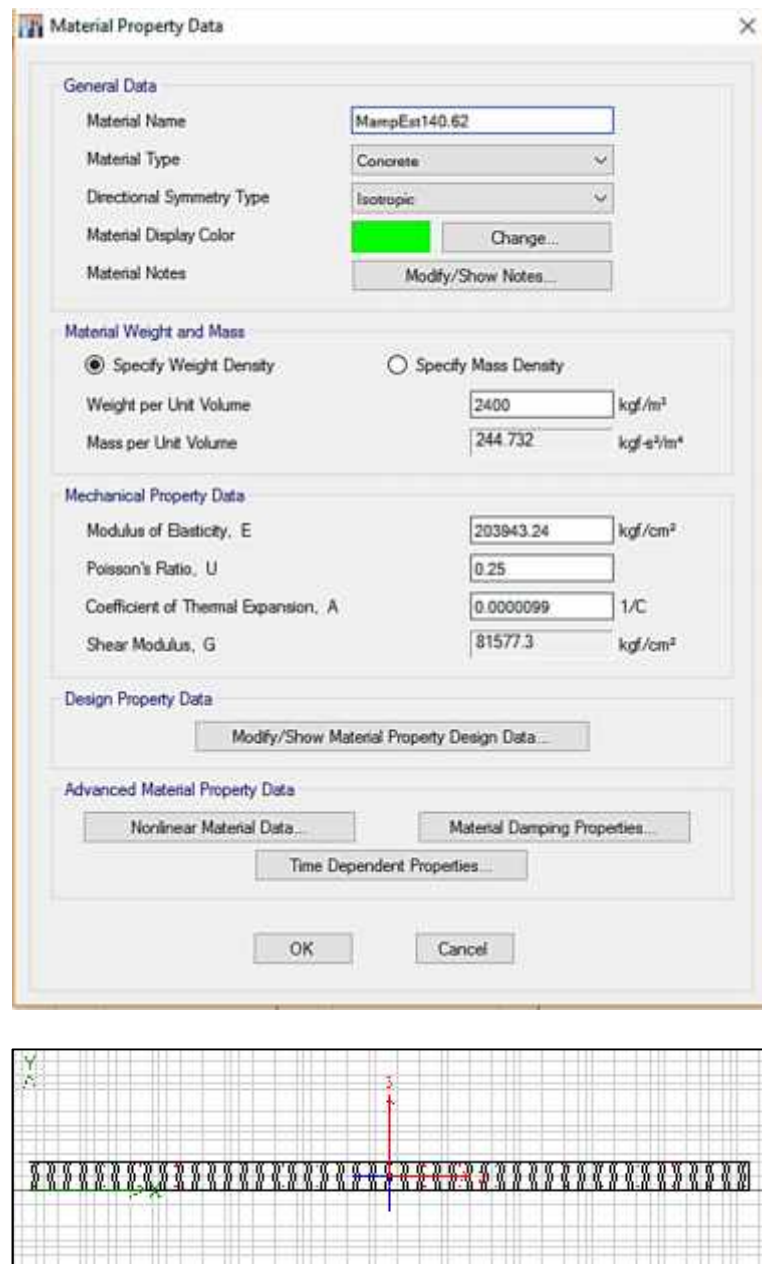


Figura 39. *Diseño Etabs v15.2 y corte transversal mampostería estructural. Segunda alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 20. Diseño definitivo de mampostería estructural Etabs v15.2 y verificación de diseño. Segunda alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte transversal de vigas.

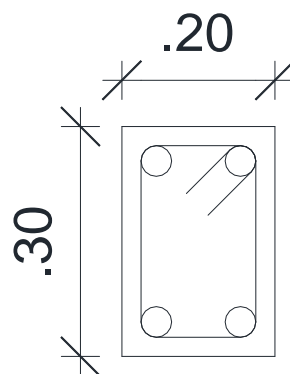
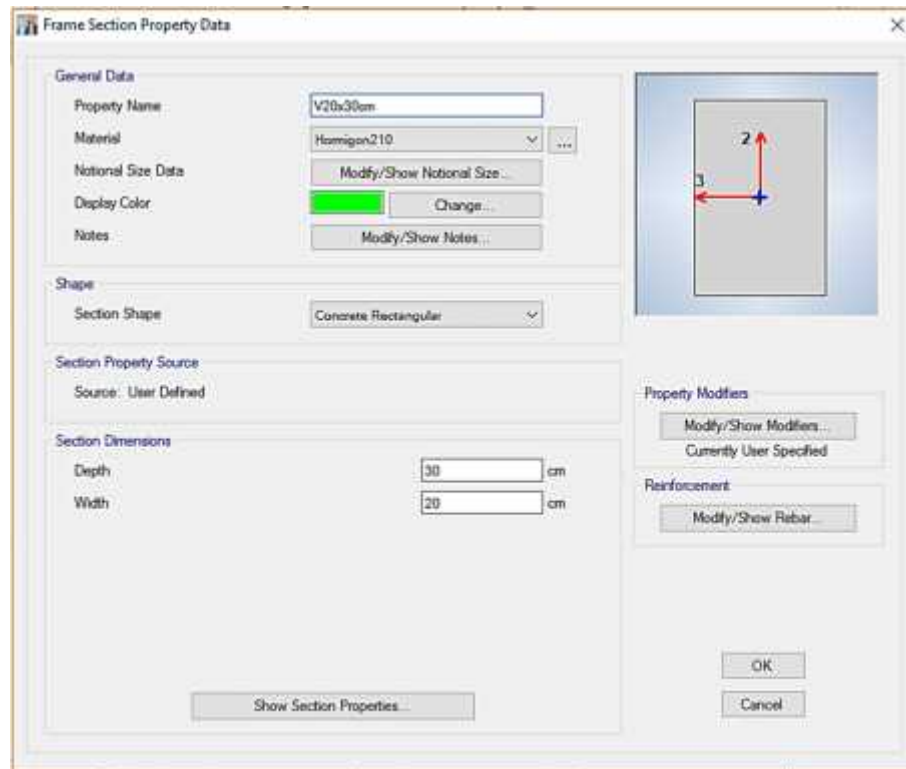


Figura 40. *Diseño Etabs v15.2 y corte transversal viga. Segunda alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 21. Diseño definitivo de vigas en el programa Etabs v15.2, y verificación del diseño. Segunda alternativa.

Ver Anexo 22. Verificación de nudo entre viga y columna. Segunda alternativa.

Diseño Etabs v15.2 y corte transversal de losa nervada.

Slab Property Data

General Data

Property Name: LosaNervada25cm

Slab Material: Homigon210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Waffle

Overall Depth: 25 cm

Slab Thickness: 5 cm

Stem Width at Top: 10 cm

Stem Width at Bottom: 10 cm

Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis: 50 cm

Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis: 50 cm

OK Cancel

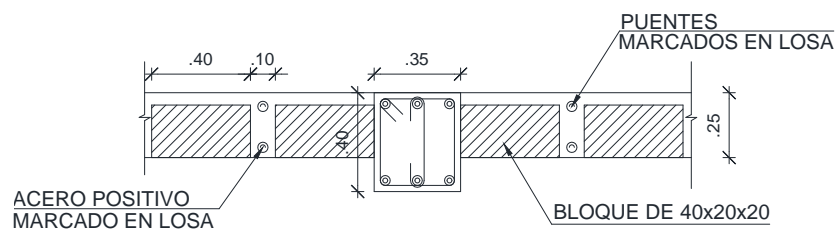


Figura 41. *Diseño Etabs v15.2 y corte transversal losa. Segunda alternativa.*

Nota. Obtenido del programa Etabs v15.2 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 23. Diseño definitivo de losas en el programa Etabs v15.2, y verificación del diseño. Segunda alternativa.

Material hormigón Safe v14.1.1.

The image shows a 'Material Property Data' dialog box for a material named 'Hormigon210'. The dialog is organized into four sections: General Data, Material Weight, Isotropic Property Data, and Other Properties for Concrete Materials. The General Data section includes fields for Material Name, Material Type (set to Concrete), Material Display Color (a blue square), and Material Notes. The Material Weight section has a field for Weight per Unit Volume (2.4E+03 kgf/m3). The Isotropic Property Data section includes fields for Modulus of Elasticity (E), Poisson's Ratio (U), Coefficient of Thermal Expansion (A), and Shear Modulus (G). The Other Properties for Concrete Materials section includes a field for Specified Concrete Compressive Strength (f'c) and a checkbox for Lightweight Concrete, which is currently unchecked. The Shear Strength Reduction Factor field is disabled. The dialog has OK and Cancel buttons at the bottom.

Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	Hormigon210	
	Material Type	Concrete	
	Material Display Color	Blue	
	Material Notes		
Material Weight	Weight per Unit Volume	2.4E+03	kgf/m3
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	218819.78886746	kgf/cm2
	Poisson's Ratio, U	0.2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	9.9E-06	1/C
	Shear Modulus, G	91174.91	kgf/cm2
Other Properties for Concrete Materials	Specified Concrete Compressive Strength, f'c	210	kgf/cm2
	<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete		
	Shear Strength Reduction Factor		

Figura 42. Material hormigón Safe v14.1.1. Segunda alternativa.

Nota. Obtenido del programa Safe v14.1.1.

Diseño Safe v14.1.1 y planta losa de cimentación tipo.

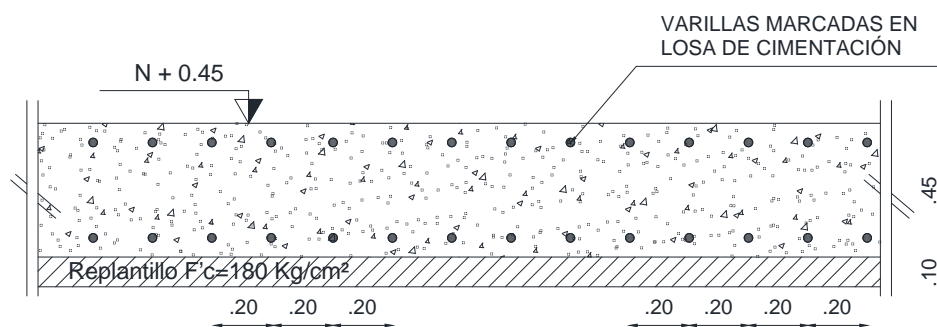
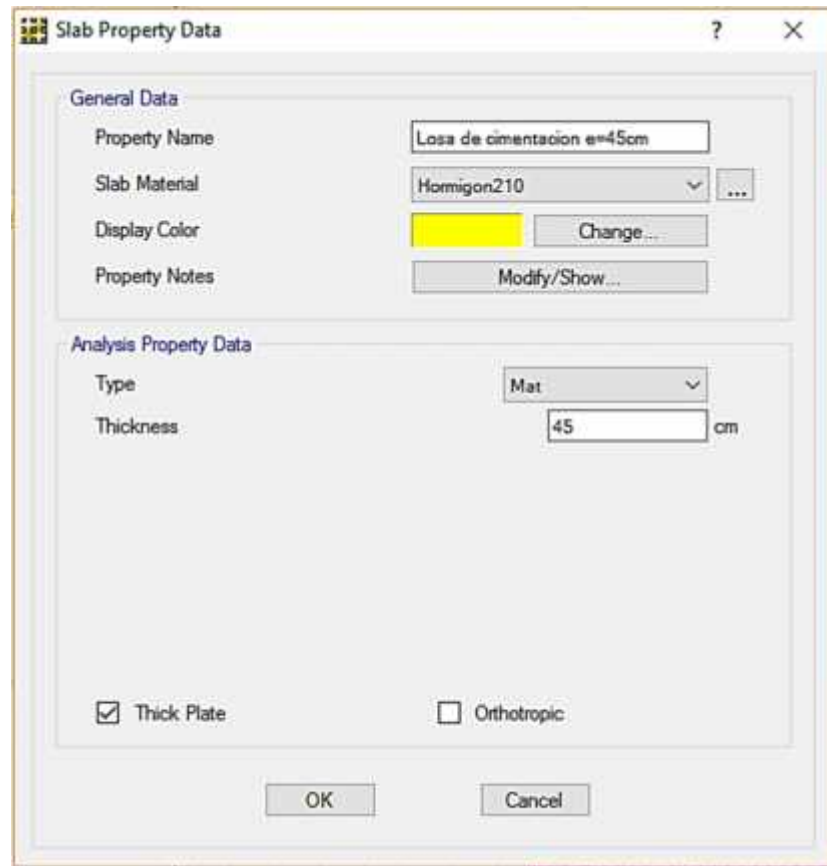


Figura 43. Diseño Safe v14.1.1 y corte transversal losa de cimentación tipo. Segunda alternativa.

Nota. Obtenido del programa Safe v14.1.1 y corte elaborado por Caguano Patricio.

Ver Anexo 24. Diseño de cimentación en Safe v14.1.1 y verificación de diseño. Segunda alternativa.

6.3. Elaboración de planos estructurales.

Se presenta pliegos precisos, claros y de fácil interpretación; elaborados con notas, detalles de secciones, armado e información necesaria para la ejecución de la edificación. Los mismos poseen descripciones y normas ecuatorianas actuales, con el fin de permitir un correcto progreso de construcción.

Ver Anexo 25. Planos estructurales. Segunda alternativa.

6.4. Análisis económico y financiero.

6.4.1. Presupuesto de la estructura.

El presupuesto para la edificación en estudio, basada en el sistema de mampostería estructural con precios de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON) actuales es de \$222104.70 (dos cientos veinte y dos mil ciento cuatro dólares americanos con setenta centavos), el mismo que se estima en base al cálculo y cuantificación de todos los elementos que forman parte de la construcción.

Ver Anexo 26. Presupuesto de la estructura. Segunda alternativa.

6.4.1.1. Estimación de volúmenes de obra.

La cuantificación de volúmenes se realizó para todos los elementos estructurales mostrados en los correspondientes planos estructurales de la edificación propuesta.

Ver Anexo 27. Estimación de volúmenes de obra. Segunda alternativa.

6.4.1.2. Análisis de precios unitarios.

El análisis de precios unitarios para la alternativa de mampostería estructural es muy similar al de la alternativa de hormigón armado donde se comparte similares rubros y rubros propios por necesidad del sistema de mampostería estructural; el costo indirecto es de 15% del costo directo para la ejecución del proyecto. (Camara de la Industria de la Construcción, 2016)

Ver Anexo 28. Análisis de precios unitarios. Segunda alternativa.

6.4.2. Evaluación económica financiera.

La evaluación económica financiera equilibra, evalúa y coteja entre sí el costo beneficio, con el fin de determinar si el proyecto es viable; para esto se analiza anualmente los ingresos y egresos de la etapa de construcción de la edificación.

La edificación en estudio es una propiedad privada, con mira productiva, el financiamiento será conferido entre constructor y propietario. Los flujos de entrada y salida de la construcción son explícitos, con montos actualizados tomando en cuenta el costo vigente del terreno, costo de edificación del proyecto, y las apreciaciones municipales expresadas por el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Buenas Prácticas Ambientales (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, 2016)

Ver Anexo 29. Evaluación económica financiera. Segunda alternativa.

Tabla 38. *Avalúo comercial de la edificación Caguano Torres. Segunda alternativa.*

Plusvalía del Edificio Caguano Torres	
Descripción.	Dólares \$
Costo del terreno de acuerdo al municipio	75450
Costo de la construcción	231846.13
Avalúo municipal luego de la construcción (75% del costo actual de construcción)	173884.60
Plusvalía	17488.47
Mejoras municipales 5% del avalúo municipal	8694.23
Mejoras del terreno 2% del avalúo municipal	3477.69
5% por cada año de calculo sobre el primer avalúo	3772.50
Total sobre el que se calcula la Plusvalía	1544.05
10% sobre la Plusvalía	154.40

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Tabla 39. *Beneficio de la edificación Caguano Torres. Segunda alternativa.*

Beneficio valorado para 12 años del Edificio Caguano Torres		
Nº	Incremento por año	Monto
1	2016	\$ 231 846.13
2	2017	\$ 232 000.53
3	2018	\$ 232 154.94
4	2019	\$ 232 309.34
5	2020	\$ 232 463.75
6	2021	\$ 232 618.15
7	2022	\$ 232 772.56
8	2023	\$ 232 926.96
9	2024	\$ 233 081.37
10	2025	\$ 233 235.77
11	2026	\$ 233 390.18
12	2027	\$ 233 544.58

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

6.4.3. Evaluación de sensibilidad.

Para establecer la sensibilidad del proyecto a posibles variables externas, y ofrecer jerarquía y recursos a cada una de ellas, se establece un proyecto a mediano plazo. Donde la proporción de eficacia es de $\pm 10\%$ a $\pm 25\%$, para así comprobar la participación de inversión, en base al flujo de caja.

Tabla 40. *Variación de la sensibilidad de la edificación Caguano Torres. Segunda alternativa.*

Detalle	-25%		-10%		10%		25%	
	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
Inversión	1 085 237.98	116.59	1 050 461.06	97.15	1 004 091.83	79.45	969 314.91	69.87
Beneficios	667 239.24	62.29	883 261.56	77.39	1 171 291.33	97.44	1 387 313.65	112.46

Nota. Elaborado por Caguano Patricio.

Los valores positivos indican una rentabilidad de capital mayor al monto de la inversión inicial con 10 a 25%.

Ver Anexo 30. Evaluación económica financiera. Segunda alternativa.

6.5. Evaluación de impacto ambiental.

La evaluación reconoce efectos ambientales efectivos y nocivos concebidos durante la construcción de la edificación Caguano Torres, ponderando cada uno de los efectos de manera metódica, con la intención de inducir a un recomendable manejo ambiental.

Para la etapa de construcción y para la etapa de culminación del proyecto se tomará en cuenta factores mecánicos, bióticos y antrópicos dentro de la matriz de estimación de impacto ambiental. Gestión Ambiental (Gobierno de Pichincha, 2016)

La edificación en estudio es para uso de oficinas, con espacios públicos y puntos verdes; por consiguiente, la matriz de impacto ambiental toma parámetros en la ubicación, construcción, finalidad y culminación del proyecto, donde resulta una cuantía ambiental moderada baja de 2,20.

Ver Anexo 31. Evaluación de impacto ambiental. Segunda alternativa.

CAPÍTULO 7

7.1. Selección de la alternativa técnica y económicamente óptima.

Se escoge la primera alternativa (hormigón armado), por ajustarse óptimamente al modelo arquitectónico original, permitiendo así un convincente diseño estructural del mismo, afirmando un correcto desempeño de la estructura bajo solicitaciones propias y bajo efectos sísmicos. Adicionalmente se cuenta con disponibilidad de materiales en el sector y mano de obra calificada para su ejecución.

7.2. Especificaciones técnicas de los rubros.

Las especificaciones técnicas son instrumentos imprescindibles del proyecto, las mismas son elaborados a base de normas y procedimientos necesarios para la correcta realización de cada una de las actividades presentes en la ejecución del proyecto.

Ver Anexo 32. Especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada.

7.3. Cronograma valorado.

El cronograma valorado es el documento, que permite supervisar las actividades y tiempo de ejecución de las mismas, permitiendo asignar de manera apropiada los recursos para cada actividad durante el avance del proyecto.

Ver Anexo 33. Cronograma de tiempo y valorado del proyecto de la alternativa seleccionada.

CONCLUSIONES

- La elección de la alternativa de hormigón armado es la única que permite conservar el diseño y estética de los planos arquitectónicos de la edificación en estudio.
- El sistema de hormigón armado ofrece al modelo estructural un favorable comportamiento, el hormigón contribuye con resistencia a la compresión y el acero de refuerzo contribuye con resistencia a la tracción, consolidándose como un solo material estructural.
- La correcta disposición de elementos estructurales en la alternativa de hormigón armado (vigas, columnas y diafragmas) dentro de la arquitectura de la edificación, mitiga las derivas máximas y periodos de vibración generados por los efectos sísmicos, las mismas que no exceden de 0.02 y del 30% respectivamente, cumpliendo los valores obtenidos en las normas ecuatorianas de la construcción (NEC 15), capítulo Peligro sísmico.
- El correcto diseño de nudos entre columnas y vigas en la alternativa de hormigón armado permite que la estructura trabaje monolíticamente y sea estable, los valores no exceden la inversa de 6/5 presentada en el programa Etabs v15.2, asegurando un óptimo comportamiento en los nudos.
- El costo por metro cuadrado de construcción en la alternativa de hormigón armado es de \$ 182.36 (ciento ochenta y dos dólares con 36 centavos americanos) el mismo que fue determinado mediante la relación del presupuesto para el sumatorio total de áreas de construcción de la estructura.
- El sistema de mampostería estructural según normas ecuatorianas de la construcción (NEC 15) Capítulo 7. Mampostería estructural, limita su uso y diseño a estructuras de 4 niveles como máximo, impidiendo su uso para edificación de mayor altura y con presencia de subsuelos, razón por la cual fue necesario modificar la arquitectura.

- Las losas nervadas con vanos largos utilizadas en la alternativa de hormigón armado favorecen en la presencia de torsión, el cual es aminorado con la presencia de diafragmas ubicados estratégicamente.
- La configuración estructural en planta y en elevación de la estructura, influye en el periodo fundamental de la estructura, y por consiguiente en el cortante basal.
- La revisión de la relación acero / hormigón, permite saber si la estructura en hormigón armado se encuentra en un margen económicamente aceptable; esta relación para cimentación oscila entre 80-100 kg/m³, para columnas de 180-200 kg/cm³, y para vigas y losas de 100-120 kg/m³; en el presente proyecto se tiene 88.3 kg/m³ en cimentación, 204.9 kg/cm³ en columnas, 100.3 kg/m³ vigas y losas.
- Para favorecer en la transferencia de esfuerzos se incluyó vigas y columnas en la conformación de la mampostería estructural.

RECOMENDACIONES

- La selección de sistemas constructivos para un proyecto de edificación debe ser tomada en base a las características de cada sistema, sus ventajas y desventajas frente a efectos sísmicos, adicionalmente se requiere de una rigurosa evaluación de la arquitectura con el fin de contemplar posibles problemas al realizar el modelo estructural y así garantizar el correcto uso de recursos y tiempo.
- Como factor de seguridad el diseño de escaleras y muros de sótano se debe realizar por separado con el fin de que estos elementos no colaboren en la disminución de las derivas de piso, ni los periodos de vibración del modelo estructural.
- El diseño debe ser realizado con conocimiento actualizado de las normas vigentes regionales, puesto que estas consideran los efectos específicos de la zona de ubicación del proyecto.
- La implantación de diafragmas en la arquitectura, debe ser simétrico para que garantice un correcto movimiento traslacional en los dos primeros modos de vibración.
- La utilización de inercias de agrietamiento en el modelo estructural computacional permite asimilar las condiciones reales de los elementos estructurales (columnas, vigas, losas, muros), frente a eventos sísmicos.
- Las secciones de los elementos estructurales (columnas, vigas, losas y diafragmas) en lo posible deben estar en correlación a los requerimientos arquitectónicos impuestos.

REFERENCIAS

- Alvéstegui, C. C. (2015). *Diseño de Estructuras de Hormigón Armado*. Santiago de Chile: SGMR.
- Camara de la Industria de la Construcción. (2016). *Manual de Costos*. Quito.
- Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas. (31 de Mayo de 2006). *Procedimiento para el Levantamiento Topográfico*. Obtenido de <http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-AA-101-2006.pdf>
- Galvez, I. R. (2016). *Estudio de suelos*. Quito: Constructora e Inmobiliaria.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha. (Octubre de 2013). *Secretaria Nacional de Información*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA9/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/QUITO/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_quito_geopedologia.pdf
- Gobierno de Pichincha. (8 de Octubre de 2013). *Pichincha al dia*. Obtenido de <http://www.pichinchaldia.gob.ec/actualidad/item/927-acuerdo-de-limites-entre-pichincha-e-imbabura-se-suscribe-manana.html>
- Gobierno de Pichincha. (2016). *Gestion Ambiental*. Obtenido de <http://www.pichincha.gob.ec/gestion/desarrollo-humano-y-ambiente/gestion-ambiental.html>
- Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (28 de Noviembre de 2010). *Libro del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (13 de Abril de 2016). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Obtenido de <http://www.obraspublicas.gob.ec/>
- Google. (19 de Abril de 2016). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.es/maps/place/Calder%C3%B3n,+Quito,+Ecuador/@-0.099077,-78.4175127,13.25z/data=!4m2!3m1!1s0x91d58ee44220e075:0x3055c08e9b119fa>

Hurtado, J. A. (2005). *Diseño de cimentaciones*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

INAMHI. (2006). *Mapa de Climas del Ecuador*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/MapasBiblioteca/1%20Climas%20del%20EcuadorA0.pdf>

Instituto Geofísico. (2016). *Nivel de Alerta (Proporcionado por la SGR)*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (2016). *Mapa Geológico del Ecuador*. Obtenido de http://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/25K_r/HOJAS_GEOLOGICAS_1982/SAN%20ANTONIO/PDF_JPG_IMPRESION/SanAntonio_PSAD56_Z17S_reducido.pdf

Matera, L. C. (2002). *Topografía plana*. Mérida: Taller de Publicaciones de Ingeniería.

Miembros del Consejo Metropolitano de Planificación. (2012). *Plan Metropolitano de Desarrollo*. Quito: Distrito Metropolitano de Quito.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (13 de Abril de 2016). *Mapa de suelos*. Obtenido de <http://www.zonu.com/fullsize/2011-10-31-14740/Suelos-de-la-regin-de-Quito-1983.html>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de [http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_HM_\(hormigon_armado\).pdf](http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_HM_(hormigon_armado).pdf)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Dirección de comunicación social, MIDUVI. Obtenido de [http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_DS_\(peligro%20sismico\).pdf](http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_DS_(peligro%20sismico).pdf)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Dirección de comunicación social, MIDUVI. Obtenido

de [http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_CG_\(cargas_no_sismicas\).pdf](http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_CG_(cargas_no_sismicas).pdf)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Dirección de comunicación social, MIDUVI. Obtenido de [http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_CG_\(cargas_no_sismicas\).pdf](http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_CG_(cargas_no_sismicas).pdf)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de [http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_RE_\(hormigon_armado\).pdf](http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_RE_(hormigon_armado).pdf)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Riesgo Sísmico. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de [http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_RE_\(Riesgo_sismico\).pdf](http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_RE_(Riesgo_sismico).pdf)

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (28 de Noviembre de 2010). *Administraciones zonales y parroquias*. Obtenido de http://sthv.quito.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=90

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (Diciembre de 2011). *Usos Suelos Principal PUOS U1*. Obtenido de <http://sthv.quito.gob.ec/images/PUOS2012/USOSSUELOPRINCIPALPUOSU1.pdf>

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2013). *Situación económica y productiva del DMQ*. Obtenido de <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticoeconomico.pdf>

Secretaria de Gestión de Riesgos. (2016). *Erupciones Volcánicas*. Obtenido de <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/erupciones-volcanicas/>

Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2016). *Buenas Prácticas Ambientales*. Obtenido de <http://www.planificacion.gob.ec/#>

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. (2008). *Guía para el Análisis de Estructuras de Mampostería*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Vallejo, L. G. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Isabel Capella.